



⑬ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 195 22 660 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>8</sup>:  
**H 01 L 23/52**  
H 01 L 21/285  
H 01 L 21/321  
C 23 C 14/34  
C 23 C 14/06

⑳ Aktenzeichen: 195 22 660.7  
㉑ Anmeldetag: 22. 6. 95  
㉒ Offenlegungstag: 11. 4. 96

DE 195 22 660 A 1

③① Unionspriorität: ③② ③③ ③①  
06.10.94 JP 6-242981

⑦① Anmelder:  
Mitsubishi Denki K.K., Tokio/Tokyo, JP

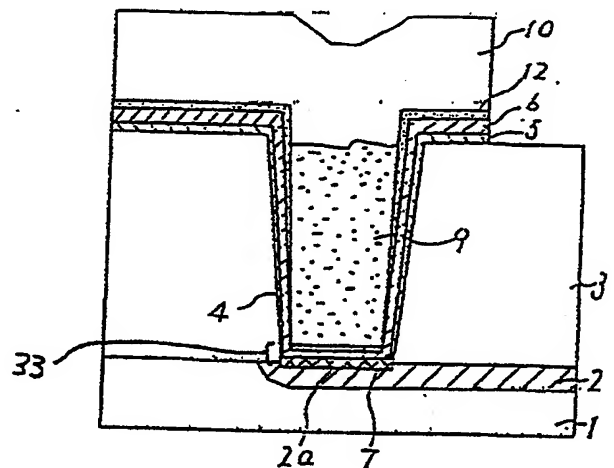
⑦② Vertreter:  
Prüfer und Kollegen, 81545 München

⑦② Erfinder:  
Ohsaki, Akihiko, Itami, Hyogo, JP; Yamaguchi,  
Sumio, Itami, Hyogo, JP; Ishii, Atsushi, Itami,  
Hyogo, JP; Maekawa, Kazuyoshi, Itami, Hyogo, JP;  
Fujisawa, Masahiko, Itami, Hyogo, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Halbleitereinrichtung und Herstellungsverfahren derselben

⑤⑦ Eine Halbleitereinrichtung mit elektrisch über ein Kontaktloch einer isolierenden Zwischenschicht verbundenen Leitern, mit einer Trischicht Barrierschicht, welche eine Titansilizidschicht, eine auf der Titansilizidschicht durch Kollimationssputtern gebildete Titannitridschicht und eine auf der Titannitridschicht gebildete thermisch nitrierte Titanschicht aufweist. Die Verwendung der Trischicht Barrierschicht ermöglicht die Steigerung der Kapazität der Kollimationssputterapparatur, verhindert Partikelbildung, ermöglicht die Bildung einer elektrischen Verbindung mit niedrigem Widerstand zwischen den Leitern und verhindert zusätzlich das Auftreten von Diffusion von der Titannitridschicht und der zweiten Titanschicht zur thermisch nitrierten Titanschicht, sowie zwischen den Leitern.



DE 195 22 660 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 02. 96 802 015/485

28/30

Diese Erfindung bezieht sich auf eine Halbleitereinrichtung mit einer, über ein Kontaktloch in einer isolierenden Zwischenschicht gebildeten elektrischen Anschlußverbindung zwischen zwei Leitern und deren Herstellungsverfahren. Die Erfindung ist insbesondere in Submikron-Einrichtungen von Nutzen, die Kontaktlöcher mit hohen Längenverhältnissen aufweisen.

Steigende Anforderungen an die Verdichtung und Leistung von Halbleitereinrichtungen erfordern eine steigende Miniaturisierung von Halbleitereinrichtungen mit Submikron-Schaltungen. Herkömmlicherweise werden Halbleitereinrichtungen mit Submikron-Schaltungen zur elektrischen Verbindung zweier Leiter auf verschiedenen Höhen, wie z. B. auf der Oberfläche eines Halbleitersubstrats gebildete Dotieratomdiffusionszonen, beispielsweise Source- und Drainzonen eines MOS-Transistors, durch Anschlußschichten, sowie zur Verbindung von oberen und unteren Anschlußschichten, durch Verfahren hergestellt, die die Bildung eines Kontaktloches in einer isolierenden Zwischenschicht und das Auffüllen des Kontaktloches mit einem elektrisch leitenden Material umfassen. Das Kontaktloch wird mit einem leitenden Material, wie z. B. einem Metall, beispielsweise Wolfram, welches wie ein vergrabener Stopfen im Kontaktloch ausgebildet wird, aufgefüllt. Diese Metallstopfen verbinden eine, auf der Oberfläche des Halbleitersubstrats gebildete Dotieratomdiffusionszone mit einer Anschlußschicht, bzw. Verbindungsschicht, oder obere und untere Anschlüsse. Steigende Miniaturisierung erfordert jedoch Kontaktlöcher mit immer höheren Längenverhältnissen. In der vorliegenden Offenbarung, einschließlich Beschreibung und Ansprüche wird der Begriff "Längenverhältnisse" durchweg zur Bezeichnung des Verhältnisses der Höhe des Kontaktlochs zum Öffnungsdurchmesser des Kontaktlochs verwendet.

Ein Verfahren zur Herstellung einer Halbleitereinrichtung, welche ein, mit einem vergrabenen Metallstopfen gefülltes Kontaktloch zur elektrischen Verbindung einer, auf der Oberfläche eines Halbleitersubstrats gebildeten Dotieratomdiffusionszone, mit einer Anschlußschicht, aufweist, wird in Bezug auf die Fig. 11 bis 15 beschrieben. Wie in Fig. 11 gezeigt ist, wird eine isolierende Zwischenschicht 53 auf der Oberfläche eines, aus Silizium hergestellten, Halbleitersubstrats 51 gebildet, welches mit einer Dotieratomdiffusionszone 52, von der ein Abschnitt den Kontaktbereich 52a bildet, gebildet wird. Ein Kontaktloch 54 wird in der isolierenden Zwischenschicht 53 über dem Kontaktbereich 52a zur Freilegung desselben gebildet.

Wie in Fig. 12 gezeigt ist, wird das Sputtern mit Hilfe einer, mit einer Titaneinfanganode, bzw. einem Titantarget ausgestatteten Sputtervorrichtung zur Bildung einer Titanschicht 55 auf der gesamten Oberfläche des Halbleitersubstrats 51, d. h. auf der Oberfläche der isolierenden Zwischenschicht 53 und dem, sich im Kontaktloch 54 der isolierenden Zwischenschicht 53 befindenden Kontaktbereich 52a, in einer Argon Atmosphäre ausgeführt. Anschließend wird eine Titannitridschicht 56 auf der gesamten Oberfläche des Halbleitersubstrats 51, d. h. Titanschicht 55, durch reagierendes bzw. reaktives Sputtern unter Anwendung einer, mit einem Titantarget ausgestatteten Sputtervorrichtung, in einer nitrierenden Atmosphäre, wie z. B. Stickstoff oder einer Mischung aus Stickstoff und Argon, gebildet.

Wie in Fig. 13 gezeigt ist, wird eine Wärmebehand-

lung zur Umwandlung des, mit dem Kontaktbereich 52a in Kontakt stehenden Abschnitts der Titanschicht 55 in eine Titansilizidschicht 57, die auf die Dotieratomdiffusionszone 52 übergreift, durchgeführt. Die so hergestellte, aus der Titansilizidschicht 57 und der Titannitridschicht 56 zusammengesetzte Zweischichtstruktur bildet eine Metallbarrierschicht.

Wie in Fig. 14 dargestellt ist, wird anschließend die Wolframschicht 58 durch ein überdeckende (blanket) chemische Gasabscheidungsverfahren (CVD), z. B. durch die Abscheidung von  $WF_6$  Gas, auf der gesamten Oberfläche des Halbleitersubstrats 51, d. h. der Titannitridschicht 56, gebildet. Die Wolframschicht 58 wird dann zurückgeätzt, um nur im Kontaktbereich 52a einen Abschnitt der Wolframschicht 58 zurückzulassen, welcher so den in Fig. 15 gezeigten Wolframstopfen 59 bildet. Wie weiterhin in Fig. 15 gezeigt ist, wird anschließend eine Aluminiumschicht auf der gesamten Oberfläche des Halbleitersubstrats 51, d. h., auf der gesamten freigelegten Oberfläche der Titannitridschicht 56 und der Oberfläche des Wolframstopfen 59, gebildet. Die Aluminiumschicht wird unter Anwendung herkömmlicher photolithographischer Techniken geätzt und bildet hierdurch einen Anschlußabschnitt 60.

Die Titanschicht 55 und die Titannitridschicht 56, die sich unter der Aluminiumschicht befinden, werden ebenfalls geätzt und bis auf einen Abschnitt, bzw. Abschnitte, die sich unterhalb des Anschlusses 60 befinden, entfernt. Die gebildete Anschlußschicht weist einen Anschlußabschnitt 60 und den Wolframstopfen 59 auf. Die auf der Oberfläche des Halbleitersubstrats (51) gebildete Dotieratomdiffusionszone 52 und die, den Anschlußabschnitt 60 und den Wolframstopfen 59 aufweisende Anschlußschicht sind so miteinander durch die, die Titansilizidschicht 57 und die Titannitridschicht 56 aufweisende Metallbarrierschicht 62 elektrisch verbunden.

In der oben beschriebenen Halbleitereinrichtung, reduziert die Titanschicht 55, da Titan aktiv ist, den auf dem Kontaktbereich 52a natürlicherweise vorhandenen Oxidfilm und bildet, während der Wärmebehandlung der Titanschicht 55, durch Reaktion mit dem Silizium der Dotieratomdiffusionszone 52, die Titansilizidschicht 57, und damit, eine elektrische Verbindung mit niedrigem Widerstand zwischen der Dotieratomdiffusionszone 52 und der Anschlußschicht. Bei der Bildung des Wolframstopfen 59 unmittelbar auf der Oberfläche der Titanschicht 55 kann es zur Ablösung kommen. Zusätzlich kann die Bildung der Wolframschicht 58 aufgrund von Reaktionen zwischen dem, als Quellgas zur Bildung der Wolframschicht 58 verwendeten  $WF_6$  Gas und der Titanschicht 55 schwierig sein. Dementsprechend wirkt die Titannitridschicht 56 zwischen der Titanschicht 55 und dem Wolfram 58 wie eine Haftschrift.

Die Titannitridschicht 56 verhindert weiterhin das Auftreten von Wärmelöchern an der Dotieratomdiffusionszone 52, wenn die Wolframschicht 58 durch überdeckende (blanket) CVD unter Anwendung von  $WF_6$  Gas gebildet wird. Ein Wärmeloch bezeichnet eine, im allgemeinen bartförmig ausgebildete Fläche aus Wolfram, die sich von der Oberfläche der Dotieratomdiffusionszone 52 bis ins Halbleitersubstrat 51 erstreckt und durch die Reaktion des  $WF_6$  Gases mit Silizium in der Dotieratomdiffusionszone 52 gebildet wird. Das Wärmeloch induziert, wenn es sich zur Grenze zwischen der Dotieratomdiffusionszone 52 und dem Halbleitersubstrat 51, oder um die Übergangsfläche eines pn Übergangs erstreckt, Übergangsdefekte.

Bei der Herstellung einer Halbleitereinrichtung in der

vorstehend, mit Bezug auf die Fig. 11 bis 15, beschriebenen Art und Weise und aufgrund vielfältiger Untersuchungen und umfangreicher Experimente wurden mehrere Probleme entdeckt. Bei der Verkleinerung der, in der oben beschriebenen, herkömmlichen Art und Weise hergestellten Halbleitereinrichtungen wurde das Längenverhältnis des Kontaktlochs 54 der isolierenden Zwischenschicht 53 zur Steigerung der Miniaturisierung immer weiter vergrößert. Es wurde jedoch festgestellt, daß bei Vergrößerung des Längenverhältnisses zu 2,5 oder höher (dies entspricht 0,6 µm oder weniger für den Durchmesser des Kontaktlochs 54), die Dicke der Filmbedeckung am Grund des in Fig. 12 gezeigten Kontaktloches 54, d. h., die Dicke des, auf dem Kontaktbereich 52a der Dotieratomdiffusionszone 52 gebildeten Titanfilms 55 und des Titanitridfilms 56 sehr dünn wird. Dies erschwert die Bildung einer Verbindung mit niedrigem Widerstand zwischen dem, in Fig. 15 gezeigten Wolframstopfen 59 der Anschlußschicht und der Dotieratomdiffusionszone 52, so daß, in den Fig. 14 und 15 durch Bezugszeichen 11 gekennzeichnete Wärmelöcher auftreten können. Wenn die Dicke des, auf dem Grund des in Fig. 14 gezeigten Kontaktlochs 54 gebildeten Titanfilms 55 und Titanitridfilms 56 sehr dünn wird, so verringert sich die Grundbedeckung (das Verhältnis der Dicke eines Films, welcher sich am Grund des Kontaktlochs 54 befindet zur Dicke eines Films, welcher sich auf einem flachen Abschnitt befindet) mit steigendem Längenverhältnis des Kontaktlochs 54, wie dies durch eine gestrichelte Linie A in Fig. 17 dargestellt ist. Ist das Längenverhältnis des Kontaktlochs 54 2,5, so wird die Grundbedeckung zu 0,05 (5%) oder geringer.

Insbesondere an der Stelle, an der das Längenverhältnis gleich 3 ist, wobei der Durchmesser und die Tiefe des in Fig. 12 gezeigten Kontaktlochs 54 jeweils 0,5 µm und 1,5 µm entsprechen und an der der Titanfilm 55 bzw. die Titanitridschicht 56 eine Dicke von ca. 20 nm bzw. 100 nm an der Oberfläche der isolierenden Zwischenschicht 53 (flacher Abschnitt) aufweisen, waren die Dicken der am Grund des Kontaktlochs 54 gebildeten Titanschicht 55 und Titanitridschicht 56 sehr dünn, ca. 0,4 nm bzw. 2 nm. Die Grundbedeckung entsprach ca. 2%, dies erschwert die Bildung einer Verbindung mit niedrigem Widerstand zwischen dem Wolframstopfen 59 der Anschlußschicht und der Dotieratomdiffusionszone 52 und resultiert im Auftreten von, in Fig. 14 und 15 gezeigten, Wärmelöchern.

Ein früherer Ansatz zur Verbesserung der Grundbedeckung während der Bildung der Titanschicht 55 und der Titanitridschicht 56 schließt eine Kollimationssputtertechnik ein. Vergleiche, z. B. Proc. VMIC Conference, p.p. 253 to 259 "COLLIMATED SPUTTERING OF TIN/TI LINES INTO SUB-HALF MICRON HIGH ASPECT RATIO CONTACT/LINES". Vielfältige Halbleitereinrichtungen wurden unter Anwendung einer in Fig. 16 gezeigten Kollimatorsputtervorrichtung hergestellt und es wurden umfangreiche Untersuchungen dieser Halbleitereinrichtungen durchgeführt.

Wie in Fig. 16 gezeigt ist, wird das Innere eines Gehäusekörpers 100 mit einer Argon Atmosphäre gefüllt, wenn die in Fig. 12 beschriebene Titanschicht 55 gebildet werden soll, und mit einer Mischung aus Stickstoff und Argon, wenn die ebenfalls in Fig. 12 beschriebene Titanitridschicht gebildet werden soll. Eine Heizstufe 101 ist im Inneren des Gehäusekörpers angebracht und ein Wafer 102 zur Bildung einer Mehrzahl von Halbleitereinrichtungen ist auf der Heizstufe 101 angeordnet. Eine Waferklemme 103 wird zur Fixierung des Wafers

102 auf der Heizstufe 101 benutzt. Ein Titantarget 104 ist im Inneren des Gehäusekörpers 100 oberhalb der Heizstufe 101 vorgesehen. Ein Kollimator 105 ist, typischerweise in der Form einer Platte mit einer Mehrzahl wabenförmiger Löcher, zwischen der Heizstufe 101 und dem Titantarget 104 angeordnet. Eine, Teile der Heizstufe 101, die Waferklemme 103, das Titantarget 104 und den Kollimator 105 umgebende Abdichtung 106 ist im Inneren des Gehäusekörpers vorgesehen.

Bei der Anwendung der oben, mit Bezug auf Fig. 16 beschriebenen Sputterapparatur zur Bildung des Titanfilms 55, wird der Wafer 102, welcher, bis zum, in Fig. 11 gezeigten Zustand vollendete Halbleitereinrichtungen enthält, auf der Oberfläche der Heizstufe 101 angeordnet und mit der Waferklemme 103 auf dieser fixiert. Der Wafer 102 wird dann durch die Heizstufe 101 aufgeheizt. Währenddessen wird in den Gehäusekörper Argongas zur Bereitstellung einer Argongas Atmosphäre eingelassen. Anschließend wird das Titantarget 104 mit Leistung versorgt, Titan Sputterteilchen werden vom Titantarget 104 abgelöst, und treffen auf den Wafer 102 auf, nachdem ein großer Teil schräger Komponenten durch den Kollimator 105 entfernt wurde. Dadurch wird die Titanschicht 55 auf der Oberfläche der isolierenden Zwischenschicht 53, auf dem Kontaktbereich 52a der Dotieratomdiffusionszone 52, über welchem sich das Kontaktloch 54 in der isolierenden Zwischenschicht 53 befindet, und auf den freigelegten Stellen der isolierenden Zwischenschicht im Kontaktloch 54 gebildet.

Zur Bildung der Titanitridschicht 56 auf der Titanschicht 55 wird die Leistung am Titantarget 104 abgeschaltet und Stickstoffgas zusammen mit Argongas in das Innere des Gehäusekörpers 100 eingelassen. Dadurch wird das Innere des Gehäusekörpers 100 mit einer Mischung aus Stickstoff- und Argongas gefüllt. Anschließend wird das Titantarget 104 mit Leistung versorgt, wodurch Titansputterteilchen vom Titantarget 104 abgelöst und durch Reaktion mit dem Stickstoff der Gasmischung in Titanitridsputterteilchen umgewandelt werden. Die Titanitridsputterteilchen treffen nach der Entfernung eines großen Anteils schräger Komponenten durch den Kollimator 105 auf den Wafer 102 auf, und bilden hierdurch die Titanitridschicht 56 auf der gesamten Oberfläche der Titanschicht 55, wie dies in Fig. 12 gezeigt ist.

Nach umfangreichen Untersuchungen wurde festgestellt, daß zwischen der Grundbedeckung und dem Längenverhältnis des Kontaktlochs 54 eine Beziehung besteht. Mit Hinweis auf Fig. 17 zeigt die durchgezogene Linie B die Grundbedeckung in Abhängigkeit vom Längenverhältnis des Kontaktlochs 54 an, wobei das Längenverhältnis des Kollimators (Verhältnis der Höhe zum Lochdurchmesser am Kollimator 105) 0,5 entspricht; die durchgezogene Linie C zeigt die Grundbedeckung in Abhängigkeit vom Längenverhältnis des Kontaktlochs 54, wobei das Längenverhältnis des Kollimators 105 1,0 entspricht, die durchgezogene Linie D zeigt die Grundbedeckung in Abhängigkeit vom Längenverhältnis des Kontaktlochs 54, wobei das Längenverhältnis des Kollimators 105 1,5 entspricht und die durchgezogene Linie E zeigt die Grundbedeckung in Abhängigkeit vom Längenverhältnis des Kontaktlochs 54, wobei das Längenverhältnis des Kollimators 105 2,0 entspricht.

Wie aus Fig. 17 deutlich hervorgeht, verbessert die Bildung der Titanschicht 55 sowie der Titanitridschicht 56 durch Kollimationssputtern die Grundbedeckung im Vergleich zum Sputtern ohne Kollimator. Entspricht,

z.B. das Längenverhältnis des Kollimators 105 1,5 (Durchmesser und Höhe des Loches entsprechen 2 cm bzw. 3 cm) so verbessert sich die Grundbedeckung um das Vierfache.

Es wurde jedoch beobachtet, daß bei der Bildung der Titanschicht 55 und der Titannitridschicht 56 durch Kollimationssputtern verschiedene Probleme auftraten. Zuerst wurde festgestellt, daß sich die Filmbildungsgeschwindigkeit der Titanschicht 55 und der Titannitridschicht 56 im Vergleich zum Sputtern ohne Kollimator auf dramatische Weise reduzierte, was von einer Reduktion der Bearbeitungskapazität begleitet wurde. Zum Beispiel wurde festgestellt, daß durch die Anwendung eines Kollimators 105 mit Längenverhältnis 1,5 (Durchmesser und Höhe des Loches entsprechen 2 cm bzw. 3 cm) die Filmbildungsgeschwindigkeit um 1/4 bis 1/5 gesenkt wurde. Diese Reduzierung der Filmbildung beruht auf der Reduktion der den Wafer 102 erreichenden Sputterteilchen, da ein großer Anteil der schrägen Komponenten der, aus dem Titantarget 104 gelösten Sputterteilchen durch den Kollimator 105 entfernt wurde.

Zweitens wurde festgestellt, daß sich das, am Kollimator 105 haftende Titanitrid während der Bildung der Titanschicht 55 und der Titannitridschicht 56 ablöste und auf den Wafer 102 fiel. Demzufolge wird der Kollimator 105 zu einer Quelle für Partikel 108. In Praxis wird ein einziger Kollimator 105 zur Bearbeitung von mehreren hundert Wafern verwendet, so daß sich in dieser Zeit Titan und Titanitrid mit einer Dicke im zehnfachen  $\mu\text{m}$ -Bereich oder mehr, am Kollimator anlagert. Da Titanitrid chemisch stabil ist und belastet wird, ist seine Haftkraft relativ schwach und es löst sich folglich leicht vom Kollimator ab. Obwohl Titan weniger belastend ist und als Haftmittel wirken kann, kann es nicht verhindern, daß sich das Titanitrid ablöst, da der Anteil des gesputterten Titan wesentlich geringer ist als der, des Titanitrid. So steigerten sich zum Beispiel für einen Kollimator mit Längenverhältnis 1,5 (Durchmesser und Höhe des Loches entsprechen 2 cm bzw. 3 cm) die Partikel 108 mehrfach nach der Behandlung vom mehreren zehn Wafern.

Ein drittes Problem, auf das gestoßen wurde, besteht in einer Reduktion der Vakuumeffizienz während Wafer 102 bearbeitet werden, wodurch die Zeit, die für das Sputtern von Titanteilchen vom Titantarget 104 erforderlich ist, vergrößert wird. Es wird angenommen, daß dieses Problem durch die ansteigende Menge des am Kollimator 105 aufgetragenen Titanitrids verursacht und von der Freigabe von ansteigenden Mengen Stickstoffgases aus der aufgetragenen Titannitridschicht begleitet wird.

In einem Versuch, das zweite und dritte Problem zu lösen, wurde eine sogenannte Reinigungsperiode eingeführt, in der, wie in Fig. 16 gezeigt ist, eine Abdeckblende 109 zwischen dem Kollimator 105 und dem Wafer 102 angebracht wurde, nachdem die Titannitridschicht 56 gebildet war, und die geschlossen wird, während Titansputterteilchen vom Titantarget 104 abgelöst werden. Da aktives Titan als Haftmittel wirkt, verhindert es, daß sich das aufgetragene Titanitrid vom Kollimator 105 ablöst und vermeidet somit die Bildung von Partikeln 108. Weiterhin wird Titan zur Überdeckung des am Kollimator 105 aufgetragenen Titanitrids aufgebracht, und verhindert hierdurch das Ausgasen von Stickstoff aus dem aufgetragenen Titanitrid. Zusätzlich verbessert das aufgetragene Titan durch die Absorption von Stickstoff die Evakuierung. Deshalb können das zweite und das dritte Problem, so wie in dem, in Fig. 18 darge-

stellten, spezifischen Beispiel angegangen werden, in welchem die, in Fig. 12 gezeigte Titanschicht 55 und die Titannitridschicht 56 unter Verwendung einer Kollimationssputterapparatur mit einer Abdeckblende 109 gebildet werden. Insbesondere dort, wo das Längenverhältnis des Kontaktlochs 3 beträgt, wobei der Durchmesser und die Tiefe des Kontaktlochs 54 0,5  $\mu\text{m}$  bzw. 1,5  $\mu\text{m}$  entsprechen, werden eine Titanschicht 55 mit einer Dicke von ca. 20 nm und eine Titannitridschicht 56 mit einer Dicke von ca. 70 nm auf der Oberfläche, oder einem flachen Abschnitt der isolierenden Zwischenschicht 53 unter Verwendung eines Kollimators 105 mit einem Längenverhältnis von 1,5 (Durchmesser und Höhe der Löcher entsprechen 2 cm bzw. 3 cm) gebildet.

Wie in Fig. 16 gezeigt ist, wird der, bis zum in Fig. 11 gezeigten Zustand vollendete Halbleitereinrichtungen aufweisende Wafer 102 auf der Oberfläche der Heizstufe 101 montiert und mit einer Waferklemme 103 an dieser gesichert. Der Wafer 102 wird durch die Heizstufe 101 aufgeheizt und das Innere des Gehäusekörpers 100 wird evakuiert. An dieser Stufe beginnt der Schritt S51 der Fig. 18 und Argongas wird in den Gehäusekörper 100 zur Bereitstellung einer Argongas Atmosphäre eingelassen. Im Schritt S52 wird, während die Abdeckblende geöffnet ist, oder zwischen dem Titantarget 104 und dem Wafer 102 keine Abdeckblende vorhanden ist, das Titantarget 104 mit Leistung versorgt. Es sollte zur Kenntnis genommen werden, daß vom Start des Schritts S51 ca. 15 Sekunden benötigt werden, bis die Flußrate des Argongases ins Innere des Gehäusekörpers 100 stabil wird, und daß während der Versorgung des Titantargets 104 mit Leistung und der Bildung der Titanschicht 55 mit dem Einlassen von Argongas ins Innere des Gehäusekörpers 100 fortgefahren wird.

Das Titantarget 104 gibt Titansputterteilchen ab. Nachdem ein großer Anteil schräger Komponenten durch den Kollimator 105 entfernt wurden, treffen die abgegebenen Teilchen auf den Wafer 102 auf und bilden hierdurch die Titanschicht 55 auf der Oberfläche der isolierenden Zwischenschicht 53, auf dem Kontaktbereich 52a der Dotieratomdiffusionszone 52, an welchem sich das Kontaktloch 54 in der isolierenden Zwischenschicht 53 befindet, und auf den freigelegten Oberflächen der isolierenden Zwischenschicht 53 im Inneren des Kontaktlochs 54. In ca. 30 Sekunden wird die Titanschicht 55 mit einer Dicke von ca. 20 nm auf der Oberfläche der isolierenden Zwischenschicht 53 oder einem flachen Abschnitt, und mit einer Dicke von ca. 30 nm auf dem Kontaktbereich 52a der Dotieratomdiffusionszone 52, an welcher sich das Kontaktloch 54 in der isolierenden Zwischenschicht 53 befindet, mit einer Grundbedeckung von ca. 15% gebildet.

Als nächstes wird im Schritt S53 der Fig. 18 die Leistung für das Titantarget 104 abgeschaltet, und gleichzeitig wird Argongas zur Bildung einer Atmosphäre mit einer Mischung aus Argon- und Stickstoffgasen in den Gehäusekörper 100 eingelassen. Im Schritt S54 wird das Titantarget 104 eingeschaltet. Es sollte zur Kenntnis genommen werden, daß vom Start des Schritts S53 ca. 15 Sekunden benötigt werden, bis die Flußrate des Stickstoffgases ins Innere des Gehäusekörpers 100 stabil wird, und daß während der Versorgung des Titantargets 104 mit Leistung und der Bildung der Titannitridschicht 56 mit dem Einlassen des Argon und Stickstoffgases ins Innere des Gehäusekörpers 100 fortgefahren wird.

Das Titantarget 104 gibt dann Titansputterteilchen ab, die durch Reaktion mit dem Stickstoff der Gas Mischung in Titannitridsputterteilchen umgewandelt wer-

den. Nachdem ein großer Anteil schräger Komponenten durch den Kollimator 105 entfernt wurden, treffen die Titannitridsputterteilchen auf dem Wafer 102 auf und bilden hierdurch die Titannitridschicht 56 auf der gesamten Oberfläche der Titanschicht 55, wie dies in Fig. 12 gezeigt ist. In ca. 105 Sekunden wird die Titannitridschicht 56 mit einer Dicke von ca. 70 nm auf der Oberfläche der isolierenden Zwischenschicht 53 oder einem flachen Abschnitt, und mit einer Dicke von ca. 10,5 nm auf dem Kontaktbereich 52a der Dotieratomdiffusionszone 52, an welcher sich das Kontaktloch 54 in der isolierenden Zwischenschicht 53 befindet, mit einer Grundbedeckung von ca. 15% gebildet.

Als nächstes wird im, im Fig. 18 gezeigten, Schritt S55 das Titantarget 104 abgeschaltet und die Abdeckblende 109 geschlossen, oder es wird die Abdeckblende 109 zwischen dem Titantarget 104 und dem Wafer 102 angebracht. Während dieses Zeitraums wird der Einlaß von Stickstoffgas gestoppt. Es nahm im Schritt S55 ca. 15 Sekunden in Anspruch, die Abdeckblende zu schließen. Nachdem die Abdeckblende 109 vollständig geschlossen ist, wird das Titantarget 104 im Schritt S56 mit Leistung versorgt und hierdurch Titansputterteilchen vom Titantarget 104 abgegeben. Die abgegebenen Titansputterteilchen treffen auf den Kollimator 105 auf und werden auf diesen, sowie auf die Abdeckblende 109, nachdem sie den Kollimator 105 durchdrungen haben, aufgebracht. Daraus resultiert die Wirkung des Titans als Haftmittel, welches verhindert, daß sich das aufgebrachte Titannitrid vom Kollimator 105 ablöst. Weiterhin resultiert daraus das Aufbringen und die Überdeckung des am Kollimator 105 aufgetragenen Titannitrids durch das Titan. Diese Reinigungsperiode (Schritt S56) zum Sputtern von, als Haftmittel wirkendem Titan, zur Überdeckung des aufgetragenen Titannitrids durch das Titan, dauerte ca. 30 Sekunden.

Im Schritt S57 ist die Abdeckblende 109 geschlossen und der Einlaß des Argongases wird zur gleichen Zeit gestoppt, wofür ca. 10 Sekunden in Anspruch genommen werden. An dieser Stelle ist der Prozeß zur Bildung der Titanschicht 55 und der Titannitridschicht 56 vollendet.

Die Abfolge der in Fig. 18 dargestellten Bearbeitungsschritte wurde zur Bildung der in Fig. 15 gezeigten Titanschicht 55 an ca. 500 Waferscheiben 102 durchgeführt. Die durch Wärmebehandlung gebildete Titansilizidschicht 57 wurde entsprechend einer Dicke von 7,5 nm hergestellt und gewährleistete die Bildung einer elektrischen Verbindung mit niedrigem Widerstand zwischen der Dotieratomdiffusionszone 52 und der Anschlußschicht. Die Titannitridschicht 56 verhindert das Ablösen der Filme, wenn der Wolframstopfen 59 der Anschlußschicht gebildet wird und wirkt als eine Haftschicht zwischen der Titanschicht 55 und der Wolframschicht 58. Die Titannitridschicht wies im Kontaktbereich 52a der Dotieratomdiffusionszone 52, an welcher sich das Kontaktloch 54 in der isolierenden Zwischenschicht 53 befindet, eine Dicke von ca. 10,5 nm auf und trug zur Vermeidung des Auftretens von Wärmelöchern 11 in der Dotieratomdiffusionszone 52 bei der Bildung der Wolframschicht 58 durch ein überdeckendes (blanket) CVD Verfahren unter der Verwendung von  $WF_6$  Gas bei.

Es wurde jedoch festgestellt, daß das oben beschriebene, in Fig. 18 dargestellte, Verfahren gewisse Nachteile mit sich bringt. Insbesondere, kann während der Reinigungsperiode, wenn Titan vom Titantarget gesputtert wird, während die Abdeckblende 109 geschlossen

ist, keine Schicht auf dem Wafer gebildet werden, wenn zur Bildung der Titanschicht 55 und der Titannitridschicht 56 ein Kollimationssputterapparat mit Abdeckblende 109 verwendet wird. Demzufolge ist die Kapazität einer solchen Kollimationssputtervorrichtung deutlich reduziert.

Außerdem verbraucht dieses Verfahren große Mengen Titan, da Titan während der Reinigungsperiode vom Titantarget 104 gesputtert wird. Weiterhin verkleinert sich der Durchmesser der Kollimatorlöcher, da Titan an diesen sogar während der Reinigungsperiode aufgebracht wird und hierdurch das Längenverhältnis des Kollimators früh während des Prozesses vergrößert und demzufolge den Anteil der auf den Wafer 102 auftreffenden Sputterteilchen früh während des Prozesses reduziert. Daraus resultiert das Erfordernis, den Zyklus zum Ersetzen des Kollimators zu reduzieren. Zusammenfassend leidet der Kollimationssputterapparat mit Abdeckblende unter einer verringerten Kapazität und gestiegenen Kosten.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung stellt eine Halbleitereinrichtung dar, in welcher eine elektrische Verbindung zwischen einem Kontaktbereich eines ersten Leiters und einem zweiten Leiter, der mit dem Kontaktbereich durch ein Kontaktloch in einer isolierenden Zwischenschicht elektrisch verbunden ist, mit niedrigem Widerstand bewirkt wird; und die Bereitstellung eines Herstellungsverfahrens für dieselbe.

Die vorstehende Aufgabe wird entsprechend der vorliegenden Erfindung durch eine Halbleitereinrichtung gelöst, welche aufweist: einen ersten Leiter mit einem Kontaktbereich an seiner Oberfläche; eine isolierende Zwischenschicht, die auf dem ersten Leiter und mit einem Kontaktloch, welches sich am Kontaktbereich des ersten Leiters befindet, gebildet ist; eine Barrierenschicht mit: einer Titansilizidschicht, die auf dem Kontaktbereich des ersten Leiters innerhalb des Kontaktlochs der isolierenden Zwischenschicht gebildet ist; eine Titannitridschicht, die auf der Titansilizidschicht durch Kollimationssputtern gebildet wird; und eine thermisch nitrierte Titanschicht, die auf der Titannitridschicht gebildet ist; sowie einen zweiten Leiter, der auf der Oberfläche der isolierenden Zwischenschicht gebildet ist und ebenfalls mit dem Kontaktbereich des ersten Leiters durch die Barrierenschicht elektrisch verbunden ist.

Einen weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung stellt eine Halbleitereinrichtung dar, welche aufweist: einen ersten Leiter mit einem Kontaktbereich an seiner Oberfläche; eine isolierende Zwischenschicht, die eine auf dem ersten Leiter gebildete obere Oberfläche aufweist, wobei die isolierende Zwischenschicht ein in ihr gebildetes Kontaktloch, welches Oberflächen der isolierenden Zwischenschicht freilegt, aufweist und wobei das, sich auf dem Kontaktbereich des ersten Leiters befindende Kontaktloch ein Längenverhältnis von wenigstens 2,5 aufweist; eine Mehrschichtstruktur, die auf dem Kontaktbereich, der oberen Oberfläche der isolierenden Zwischenschicht und den freigelegten Oberflächen innerhalb des Kontaktlochs gebildet ist, wobei die Mehrschichtstruktur aufweist: (a) eine Barrierenschicht mit: einer Titansilizidschicht mit einer Dicke von ca. 5 nm bis ca. 20 nm, die auf und in Kontakt mit dem, sich im Kontaktloch befindenden Kontaktbereich des ersten Leiters gebildet ist; einer ersten, auf der Titansilizidschicht gebildeten Titannitridschicht mit säulenartigen Körnern; und einer zweiten, auf der ersten Titannitridschicht gebildeten Titannitridschicht mit partikelförmigen Körnern; wobei die Titansilizidschicht eine Dicke



von ca. 5 bis ca. 20 nm aufweist, und die Gesamtdicke der ersten und zweiten Titanitridschichten ca. 6 bis ca. 30 nm beträgt; und (b) ein Isolierkontaktierabschnitt mit: eine Titanschicht auf der oberen Oberfläche der isolierenden Zwischenschicht und auf den freigelegten Oberflächen der isolierenden Zwischenschicht im Kontaktloche über der Barrierenschicht, wobei die Titanschicht eine Dicke von ca. 15 bis ca. 50 nm aufweist; eine erste, auf der Titanschicht gebildeten Titanitridschicht mit säulenförmigen Körnern; und eine zweite, auf der ersten Titanitridschicht gebildeten Titanitridschicht mit partikelförmigen Löchern, wobei die erste und die zweite Titanitridschicht jeweils eine Dicke von wenigstens ca. 10 nm und eine Gesamtdicke von ca. 40 nm bis ca. 100 nm aufweisen; und eine zweiten, auf der Barrierenschicht gebildeten zweiten Leiter, der mit dem Kontaktbereich des ersten Leiters über die Barrierenschicht elektrisch verbunden ist.

Einen weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung bildet eine verbesserte Mehrschicht Halbleitereinrichtung mit einem, auf einer unteren Höhe gebildeten und durch eine isolierende Zwischenschicht getrennten ersten Leiter, und einen zweiten, auf einer oberen Höhe gebildeten zweiten Leiter, wobei der erste Leiter mit dem zweiten Leiter über eine Anschlußverbindung in einem Durchgangsloch der isolierenden Zwischenschicht elektrisch verbunden ist und wobei die Anschlußverbindung eine Barrierenschicht, die Verbesserung, aufweist, wobei die Barrierenschicht aufweist: eine auf zumindest einem Abschnitt des ersten Leiters gebildete Titansilizidschicht; eine auf der Titansilizidschicht gebildete erste Titanitridschicht; und eine, auf der ersten Titanitridschicht gebildete thermisch nitrierte Titanschicht.

Ein weiterer Aspekt der Erfindung stellt ein Verfahren zur Herstellung einer Halbleitereinrichtung dar, die aufweist: Bildung einer isolierenden Zwischenschicht auf einer Oberfläche eines ersten Leiters mit einem Kontaktbereich, wobei die isolierende Zwischenschicht eine obere Oberfläche aufweist; Bildung eines Kontaktloches in der isolierenden Zwischenschicht, wobei wenigstens ein Abschnitt des Kontaktbereichs und Oberflächen der isolierenden Zwischenschicht freigelegt werden; Bildung einer ersten Titanschicht auf den freigelegten Oberflächen der isolierenden Zwischenschicht, und dem sich im Kontaktloch der isolierenden Zwischenschicht befindenden Kontaktbereich des ersten Leiters durch Kollimatorsputtern; Bildung einer Titanitridschicht auf der ersten Titanitridschicht durch Kollimatorsputtern; Bildung einer zweiten Titanschicht auf der Titanitridschicht durch Kollimatorsputtern; Wärmebehandlung in einer nitrierenden Atmosphäre zur Umwandlung der, den Kontaktbereich des ersten Leiters kontaktierenden, ersten Titanschicht in eine Titansilizidschicht, und zur Umwandlung der zweiten Titanschicht in eine thermisch nitrierte Titanschicht; und Bildung eines, mit der thermisch nitrierten Titanschicht elektrisch verbundenen zweiten Leiters auf der thermisch nitrierten Titanschicht.

Ein Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht in einer Halbleitereinrichtung, in der ein erster Leiter mit einem zweiten Leiter elektrisch, und ohne das Auftreten von Wärmelöchern verbunden ist.

Ein weiterer Vorteil der Erfindung besteht in einem Verfahren zur Herstellung einer Halbleitereinrichtung mit einer Barrierenschicht zwischen dem Kontaktbereich eines ersten Leiters und einem zweiten Leiter, der mit dem Kontaktbereich durch ein Kontaktloch in einer

isolierenden Zwischenschicht verbunden ist, in einer effizienten und wirtschaftlichen Art und Weise.

Ein weiterer Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht in einem Verfahren zur Herstellung einer Halbleitereinrichtung mit einer Barrierenschicht zwischen dem Kontaktbereich eines ersten Leiters und einem zweiten Leiter, der mit dem Kontaktbereich durch ein Kontaktloch in einer isolierenden Zwischenschicht verbunden ist, ohne das dabei Wärmelöcher auftreten.

Weitere Merkmale und Zweckmäßigkeiten der Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Figuren. Von den Figuren zeigen:

Fig. 1 eine Querschnittsansicht einer Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 2 einen Ausschnitt einer Querschnittsansicht der Titanitridschicht der Ausführungsform der Fig. 1;

Fig. 3 einen Ausschnitt einer Querschnittsansicht einer thermischen Titanitridschicht 12 der Ausführungsform der Fig. 1;

Fig. 4 bis 7 Querschnittsansichten, die die Schritte eines der Erfindung entsprechenden Herstellungsverfahren zeigen;

Fig. 8 ein Ablaufdiagramm zur Herstellung einer, der Erfindung entsprechenden Barrierenschicht;

Fig. 9 eine Querschnittsansicht, die eine weitere Ausführungsform der Erfindung zeigt;

Fig. 10 einen Querschnittsansicht eines Abschnitts eines dynamischen Direktzugriffspeichers (DRAM), auf welchen sich die Erfindung bezieht;

Fig. 11 bis 15 Querschnittsansichten, die die Schritte eines früheren Herstellungsverfahrens zur Produktion einer Halbleitereinrichtung zeigen;

Fig. 16 ein schematisches Aufbaudiagramm einer Kollimationssputterapparatur;

Fig. 17 ein Schaubild welches Kurven der Grundbedeckung in Abhängigkeit vom Längenverhältnis des Kontaktlochs für verschiedene Längenverhältnisse des Kollimators zeigt;

Fig. 18 ein Herstellungsablaufdiagramm für die Herstellung einer, aus einer Bilschichtstruktur einer Titanschicht, welche eine Titansilizidschicht und eine Titanitridschicht einschließt, zusammengesetzten Metallbarrierenschicht.

In allen Figuren werden gleiche und im wesentlichen gleiche Elemente durch dieselben Bezugszeichen identifiziert.

Die vorliegende Erfindung greift solche Probleme auf und löst sie, wie sie herkömmliche Praktiken bei der Bildung einer Barrierenschicht in einem Kontaktloch zwischen zwei Leitern mit sich bringen, insbesondere solche Probleme, auf die bei Kontaktlöchern mit einem hohen Längenverhältnis gestoßen wird, wie zum Beispiel schlechte Grundbedeckung, langsame Filmbildungsgeschwindigkeit, Ablösung und Partikelbildung, wie zuvor erwähnt. Ein elektrischer Kontakt mit niedrigem Widerstand wird zwischen ersten und zweiten Leitern durch eine Barrierenschicht gebildet, welche eine Titansilizidschicht, eine Titanitridschicht und eine thermische Titanitridschicht, in einer kurzen Zeitperiode durch Kollimationssputtern hergestellt, aufweisen, wobei die Dicke am, sich im Kontaktloch der isolierenden Zwischenschicht befindenden Kontaktbereichs des ersten Leiters erhöht wird und wodurch die Partikelbildung und Diffusion vom zweiten Leiter zum ersten Leiter verhindert wird. Zusätzlich stellt die Titansilizidschicht einen Kontakt mit niedrigem Widerstand zwischen dem ersten und dem zweiten Leiter bereit. Die

erste Titannitridschicht weist säulenförmige Körner auf, während die zweite Titannitridschicht Partikelförmige Körner aufweist und dadurch die Diffusion vom zweiten Leiter in den ersten Leiter verhindert. Es treten keinerlei Probleme auf, wenn in der Anfangsphase der Bildung der zweiten Titansicht 13 im Anschluß an die Bildung der Titannitridschicht 6 kleine Mengen Stickstoffgas zugeführt werden, da die zweite Titansicht 13 anschließend in eine thermische Titannitridschicht umgewandelt wird.

Eine Ausführungsform einer Halbleitereinrichtung in Entsprechung der vorliegenden Erfindung ist in den Fig. 1 bis 8 dargestellt. Das in Fig. 1 gezeigte Halbleitersubstrat 1, z. B. ein p-Typ Halbleitersubstrat besteht aus Silizium und bildet einen ersten Leiter. Eine Dotieratomdiffusionszone 2 ist auf der Oberfläche des Halbleitersubstrats 1 ausgebildet, wovon ein Abschnitt einen Kontaktbereich 2a aufweist, wie z. B. einen n-Typ Source- oder Drainzone eines MOS-Transistors. Eine isolierende Zwischenschicht 3 wird auf der Oberfläche des Halbleitersubstrats 1 gebildet, und anschließend wird ein Kontaktloch 4 auf dem Kontaktbereich 2a des Halbleitersubstrats 1 in einer herkömmlichen Art und Weise unter Anwendung herkömmlicher Depositions-, Photolithographie und Ätztechniken gebildet. Diese Ausführungsform bezieht ein Kontaktloch mit relativ hohem Längenverhältnis ein. Deshalb beträgt das Längenverhältnis des Kontaktlochs 4 2,5 oder mehr (dies entspricht 0,6 µm oder weniger im Durchmesser), zum Beispiel beträgt das Längenverhältnis 3 (wobei der Durchmesser und die Höhe des Kontaktlochs 0,5 µm bzw. 1,5 µm entsprechen).

Eine erste Titansicht 5 wird auf der Oberfläche der isolierenden Zwischenschicht 3 und dem Kontaktbereich 2a des Halbleitersubstrats 1, an dem sich das Kontaktloch 4 in der isolierenden Zwischenschicht 3 befindet, gebildet und weist eine, sich an einem zugehörigen Kontaktabschnitt befindende Titansilizidschicht 7 zur Kontaktierung des Kontaktbereichs 2a des Halbleitersubstrats 1 auf. Die erste Titansicht 5 weist eine angemessene Dicke, wie z. B. ca. 20 nm auf der Oberfläche oder einem flachen Abschnitt der isolierenden Zwischenschicht 3 auf, während die Filmdicke des Titansilizidschichtabschnitts 7 ca. 7,5 nm betragen kann.

Eine erste Titannitridschicht 6 wird durch Kollimationssputtern auf der Oberfläche der ersten Titansicht 5, die den Titansilizidschichtabschnitt 7 einschließt, gebildet. Die erste Titannitridschicht 6 ist, wie dies in Fig. 2 dargestellt ist, durch säulenförmige Körner mit Durchmessern von ca. 20 nm bis ca. 30 nm ausgezeichnet. Die erste Titannitridschicht 6 weist eine angemessene Dicke, z. B. ca. 50 nm auf der Oberfläche oder einem flachen Abschnitt der isolierenden Zwischenschicht 3 auf, und ca. 7,5 nm auf dem Kontaktbereich 2a des Halbleitersubstrats 1.

Eine thermische Titannitridschicht 12 wird als zweite Titannitridschicht auf der Oberfläche der ersten Titannitridschicht 6 gebildet und zeichnet sich durch partikelförmige Körner mit Durchmessern zwischen ca. 10 und ca. 20 nm aus, wie dies in Fig. 3 dargestellt ist. Die zweite Titannitridschicht weist eine angemessene Dicke, zum Beispiel ca. 20 nm auf der Oberfläche oder einem flachen Abschnitt der isolierenden Zwischenschicht 3 auf, sowie ca. 3 nm auf dem Kontaktbereich der isolierenden Zwischenschicht 2a des Halbleitersubstrats 1. Die Titansicht 5, welche den Titansilizidschichtabschnitt 7, die erste Titannitridschicht 6 sowie die zweite Titannitridschicht 12 einschließt, bildet eine Metallbarrierschicht

33.

Ein vergrabenerer Abschnitt 9 eines zweiten Leiters ist im Kontaktloch 4 der isolierenden Zwischenschicht 3 vergraben und elektrisch mit der Metallbarrierschicht verbunden, welche elektrisch mit der Dotieratomdiffusionszone 2 des Halbleitersubstrats 1 verbunden ist. Der vergrabene Abschnitt 9 kann jedes, in der Halbleiterindustrie herkömmlicherweise zur Bildung elektrisch leitender Bereiche verwendete Material aufweisen, wie z. B. Wolfram. Der zweite Leiter weist ebenfalls einen Anschlußabschnitt 10 auf, der mit dem vergrabenen Abschnitt 9 elektrisch verbunden und auf der Metallbarrierschicht 33 und der isolierenden Zwischenschicht 3 gebildet ist. Demzufolge weist der zweite Leiter den vergrabenen Abschnitt 9 und den Anschlußabschnitt 10 auf. Der Anschlußabschnitt kann jedes, in der Halbleiterindustrie herkömmlicherweise zur Bildung elektrisch leitender Bereiche verwendetes Material aufweisen, wie z. B. Aluminium oder Aluminiumlegierungen, z. B. Al — 0,5 Gewichts-% Cu, oder Al — 1 Gewichts-% Si — 0,5 Gewichts-% Cu.

Ein Verfahren zur Herstellung einer Halbleitereinrichtung entsprechend der Ausführungsform der Fig. 1 ist in den Fig. 4 bis 7 gezeigt, wobei ähnliche Elemente dieselben Bezugszeichen aufweisen. Wie in Fig. 4 gezeigt ist, wird eine isolierende Zwischenschicht 3 auf der Oberfläche eines Halbleitersubstrats 1 mit einer Dotieratomdiffusionszone 2, von der ein Oberflächenabschnitt als Kontaktbereich 2a dient, gebildet. Ein Kontaktloch 4 wird in der isolierenden Zwischenschicht zur Freilegung des Kontaktbereichs 2a gebildet.

Wie in Fig. 5 dargestellt ist, werden, unter Anwendung einer, mit einem Titantarget ausgestatteten Kollimatorsputterapparatur aufeinanderfolgend gebildet: eine erste Titansicht 5 durch das Aufputtern von Titan in einer Argon Gasatmosphäre auf die Oberfläche der isolierenden Zwischenschicht 3 und auf den Kontaktbereich 2a des Halbleitersubstrats 1, an welchem sich das Kontaktloch 4 in der isolierenden Zwischenschicht 3 befindet; eine Titannitridschicht 6 durch das reaktive Aufputtern von Titan in einer nitrierenden Atmosphäre, wie z. B. Stickstoff, oder einer Gasmischung aus Stickstoff und Argon, auf die erste Titansicht 5; und eine zweite Titansicht 13 durch das Aufputtern von Titan in einer Argon Gasatmosphäre auf die Titannitridschicht 6.

Ein spezifisches Beispiel für die Bildung einer ersten Titansicht 5, einer Titannitridschicht 6 und einer zweiten Titannitridschicht 13 wird im, in Fig. 8 dargestellten Diagramm für ein Kontaktloch mit einem Längenverhältnis von 3 gezeigt, wobei der Durchmesser und die Tiefe des Kontaktloches 4 0,5 µm bzw. 1,5 µm betragen, die Titansicht 5 eine Dicke von ca. 20 nm, die Titannitridschicht 6 eine Dicke von ca. 50 nm und die zweite Titansicht 13 eine Dicke von ca. 20 nm bei Bildung auf der Oberfläche oder einem flachen Abschnitt der isolierenden Zwischenschicht 3 unter Anwendung einer, in Fig. 16 gezeigten Kollimationssputteranlage (zur Beachtung, ohne Abdeckblende 109), aufweisen, wobei das Längenverhältnis des Kollimators 105 1,5 beträgt (Durchmesser und Tiefe des Lochs betragen jeweils 2 cm bzw. 3 cm).

Wie in Fig. 16 gezeigt ist, wird eine Wafer 102, der bis zu der, in Fig. 4 gezeigten Stufe vollendete Halbleitereinrichtungen aufweist, auf der Oberfläche einer Heizstufe 101 angebracht und mit einer Waferklemme 103 gesichert. Der Wafer 102 wird durch die Heizstufe 101 aufgeheizt und das Innere des Gehäusekörpers 100 wird

evakuiert. An dieser Stelle beginnt der Schritt S1 der Fig. 8 durch das Einlassen von Argongas in den Gehäusekörper 100 zur Bereitstellung einer Argon Gasatmosphäre. Im Schritt S2 der Fig. 8 wird ein Titantarget 104 mit Leistung versorgt.

Es wird angemerkt, daß von dem erstmaligen Einlassen von Argongas bis zur Stabilisierung der Durchflußrate des Argongases ins Innere des Gehäusekörpers 100 ca. 15 Sekunden in Anspruch genommen werden und daß das Einlassen von Argongas während eines Abschnitts des Schritts S2, in welchem die Titanschicht 5 gebildet wird, wenn dem Titantarget 104 Leistung zugeführt wird, fortgesetzt wird.

Während des Schrittes S2 gibt das Titantarget 104 Titansputterteilchen ab, welche auf dem Wafer 102 aufreffen, nachdem ein großer Anteil schräger Komponenten durch den Kollimator 105 entfernt wurden, wodurch eine erste Titanschicht 5 auf der Oberfläche der isolierenden Zwischenschicht 3, auf dem Kontaktbereich 2a der Dotieratomdiffusionszone 2 an welcher sich das Kontaktloch 4 in der isolierenden Zwischenschicht 3 befindet, und auf den freigelegten Oberflächen der isolierenden Zwischenschicht 3 im Kontaktloch 4 gebildet werden. Eine Titanschicht 5 wird mit einer Dicke von ca. 20 nm auf der Oberfläche oder dem flachen Abschnitt der isolierenden Zwischenschicht 3 und mit einer Dicke von ca. 3 nm auf dem Kontaktbereich 2a der Störstellendiffusionszone 2, an welcher sich das Kontaktloch 4 in der isolierenden Zwischenschicht 3 befindet, (mit einer Grundbedeckung von ca. 15%) innerhalb von ca. 30 Sekunden gebildet.

In nächsten, in Fig. 8 gezeigten, Schritt S3 wird die Leistung am Titantarget 104 abgeschaltet und Stickstoffgas wird gleichzeitig mit Argongas in den Gehäusekörper 100 eingelassen, um im Inneren des Gehäusekörpers eine Gasmischung aus Argongas und Stickstoffgas bereitzustellen. Im Schritt S4 wird das Titantarget 104 eingeschaltet.

Es wird angemerkt, daß von dem erstmaligen Einlassen von Stickstoffgas bis zur Stabilisierung der Durchflußrate des Stickstoffgases ins Innere des Gehäusekörpers 100 ca. 15 Sekunden in Anspruch genommen werden und daß das Einlassen von Argon- und Stickstoffgas während eines Abschnitts des Schritts S4, in welchem die Titanschicht 6 gebildet wird, wenn dem Titantarget 104 Leistung zugeführt wird, fortgesetzt wird.

Im Schritt S4 gibt das Titantarget 104 Titansputterteilchen ab, welche, durch Reaktion mit Stickstoff in der nitrierenden Atmosphäre aus Stickstoff- und Argongasen in Titanitridsputterteilchen umgewandelt werden. Die Titanitridsputterteilchen treffen auf den Wafer 102 auf, nachdem durch den Kollimator 105 ein großer Anteil schräger Komponenten entfernt wurde, und bildet hierdurch eine Titanitridschicht 6 auf der gesamten Oberfläche der ersten Titanitridschicht 5. Die Titanitridschicht 6 wird mit einer Dicke von ca. 50 nm auf der Oberfläche oder einem flachen Abschnitt der isolierenden Zwischenschicht 3, und mit einer Dicke von ca. 7,5 nm auf dem Kontaktbereich 2a der Dotieratomdiffusionszone 2, an welcher sich das Kontaktloch 4 in der isolierenden Zwischenschicht 3 befindet, (mit einer Grundbedeckung von ca. 15%) innerhalb von ca. 75 Sekunden gebildet.

Im, in Fig. 8 gezeigten, Schritt S5 wird mit der Versorgung des Titantargets 104 mit Leistung, wie in Schritt S4, fortgefahren, und der Einlaß von Stickstoffgas wird beendet. Dementsprechend gibt das Titantarget 104, während des Schrittes S5, Titansputterteilchen ab, wel-

che auf den Wafer 102 aufreffen und bildet, nachdem ein großer Anteil schräger Komponenten durch den Kollimator 105 entfernt wurden, eine zweite Titanschicht 13 auf der gesamten Oberfläche der Titanitridschicht 6, wie dies in Fig. 5 gezeigt ist. Eine zweite Titanschicht 13 wird, mit einer Dicke von ca. 20 nm auf der Oberfläche oder einem flachen Abschnitt der isolierenden Zwischenschicht 3, und mit einer Dicke von ca. 3 nm auf dem Kontaktbereich 2a der Dotieratomdiffusionszone 2, an welcher sich das Kontaktloch 4 in der isolierenden Zwischenschicht 3 befindet, (mit einer Grundbedeckung von ca. 15%) innerhalb von ca. 30 Sekunden gebildet.

Während der Bildung der zweiten Titanschicht 13 lagern sich Titansputterteilchen vom Titantarget 104 am Kollimator 105 an. Das angelagerte Titan wirkt wie ein Haftmittel, welches verhindert, daß sich nachfolgend am Kollimator 105 aufgebracht Titanitrid ablöst und überdeckt Titanitrid, welches schon zuvor am Kollimator 105 angelagert wurde. Ein Bildungszeitraum von ca. 30 Sekunden erwies sich für die zweite Titanschicht 13 als ausreichend um die Wirkung des Titans als Haftmittel zu gewährleisten und das Titanitrid zu überdecken.

Im, in Fig. 8 gezeigten, Schritt S6 wird die Leistung am Titantarget 104 abgeschaltet und das Einlassen von Argongas beendet, dies erfordert ca. 10 Sekunden. Damit ist die Serie der Schritte zur Bildung einer ersten Titanschicht 5, einer Titanitridschicht 6 und einer zweiten Titanschicht 13 abgeschlossen.

Wafer 102, auf welchem die erste Titanschicht 5, Titanitridschicht 6 und die zweite Titanschicht 13 gebildet sind, wird dann unter Vakuum in eine (nicht gezeigte) Heizkammer der Kollimationssputterapparatur befördert und, wie dies in Fig. 6 gezeigt ist, bei ca. 600°C bis ca. 800°C, z. B. 650°C, für ca. 30 Sekunden in einer nitrierenden Atmosphäre, wie z. B. Stickstoff- oder Ammoniakgas, wärmebehandelt. Dadurch wird der Kontaktabschnitt der Titanschicht 5, der mit dem Kontaktbereich 2a des Halbleitersubstrats 1 in Kontakt steht in eine Titansilizidschicht 7 und die zweite Titanschicht 13 in eine thermische Titanitridschicht 12 umgewandelt. Im beschriebenen Beispiel wurde die Wärmebehandlung in einer Heizkammer der Kollimationssputterapparatur durchgeführt; es sollte jedoch offensichtlich sein, daß eine solche Wärmebehandlung in jeder herkömmlichen Wärmebehandlungsvorrichtung durchgeführt werden kann, wie z. B. in ein einer, von der Kollimationssputterapparatur getrennten Wärmebehandlungsvorrichtung, in der eine Wärmebehandlung in nitrierender Atmosphäre, wie z. B. einer Stickstoff- oder Ammoniakatmosphäre bei beispielsweise 750°C für ca. 30 Sekunden durchgeführt wird.

Die, während der Wärmebehandlung gebildete Titansilizidschicht 7 weist die gesamte, silifizizierte Titanschicht, welche sich auf dem Kontaktbereich der ersten Titanschicht 5 zur Kontaktierung des Kontaktbereichs 2a befindet, auf und erstreckt sich in geringem Maße in die Dotieratomdiffusionszone 2. Die, während der Wärmebehandlung gebildete Titanitridschicht 12 umfaßt die gesamte zweite Titanschicht 13.

Demzufolge wird eine Mehrschichtstruktur gebildet, mit: (a) einer Trischicht Barrierenschichtstruktur mit einer, auf und in Kontakt mit dem Kontaktbereich 2a, gebildeten Titansilizidschicht 7, einer Titanitridschicht 6 und einer thermischen Titanitridschicht 12; und (b) einen Isolationsanschlußabschnitt mit einer ersten Titanschicht 5 auf der oberen Oberfläche der isolierenden Zwischenschicht 3 und den freigelegten Oberflächen



der isolierenden Zwischenschicht 3 oberhalb der Barrierschicht im Kontaktloch 4, einer ersten Titanitridschicht 6 und einer zweiten thermischen Titanitridschicht 12.

Wie in Fig. 7 gezeigt ist, wird eine Wolframschicht durch ein überdeckende (blanket) chemische Gasabscheidungsverfahren (CVD) durch Abscheidung von Wolframhexafluoridgas ( $WF_6$ ) auf der gesamten Oberfläche des Halbleitersubstrats 1, d. h., auf der thermischen Titanitridschicht 12, gebildet. Die Wolframdeckschicht 8 (blanked tungsten layer) wird geätzt und hinterläßt eine Wolframschicht 8 ausschließlich im Kontaktbereich 2a, wodurch der Wolframstopfen 9 gebildet wird. Wie in Fig. 1 gezeigt ist, wird dann eine Aluminiumschicht auf der gesamten Oberfläche des Halbleitersubstrats 1, d. h., auf der gesamten Oberfläche der freigelegten thermischen Titanitridschicht 12 und der Oberfläche des Wolframstopfen 9, gebildet. Die Aluminiumschicht wird unter Anwendung herkömmlicher photolithographischer Techniken geätzt, wodurch der Anschlußabschnitt 10 gebildet wird. Die erste Titanschicht 5, die Titanitridschicht 6 und die thermische Titanitridschicht 12, die sich unterhalb der Aluminiumschicht befinden, werden, bis auf einen Abschnitt, bzw. Abschnitte, die sich unterhalb des Anschlußabschnitts 10 befinden, ebenfalls zu diesem Zeitpunkt abgeätzt und entfernt. Dadurch wird eine Anschlußschicht gebildet, die den Anschlußabschnitt 10 und den Wolframstopfen 9 aufweist. Auf diese Weise wird die, auf der Oberfläche des Halbleitersubstrats 1 gebildete Dotieratomdiffusionszone 2 elektrisch durch die, die Titansilizidschicht 7, Titanitridschicht 6 und thermische Titanitridschicht 12 aufweisende Metallbarrierschicht 33 mit der, den Anschlußabschnitt 10 und den Wolframstopfen 9 aufweisenden Anschlußschicht verbunden.

In der, wie beschrieben hergestellten Halbleitereinrichtung reduziert die Titansilizidschicht während der Wärmebehandlung der ersten Titanschicht 5, da Titan aktiv ist, einen, auf der Oberfläche des Kontaktbereichs 2a vorkommenden natürlichen Oxidfilm und ermöglicht so, durch die Reaktion mit Silizium der Dotieratomdiffusionszone 2 die Bildung einer elektrischen Verbindung mit niedrigem Widerstand zwischen der Dotieratomdiffusionszone 2 und der Anschlußschicht. So kann, z. B. eine Verbindung mit niedrigem elektrischen Widerstand mit einer ersten Titanschicht 5 mit einer Dicke von ca. 20 nm auf der Oberfläche oder einem flachen Abschnitt der isolierenden Zwischenschicht 3 und einer Dicke von ca. 3 nm auf dem Kontaktbereich 2a der Dotieratomdiffusionszone 2, an der sich das Kontaktloch 4 in der isolierenden Zwischenschicht 3 befindet, wie dies in Fig. 6 gezeigt ist, gebildet werden. Eine Titansilizidschicht 7 mit einer Dicke von ca. 7,5 nm wird durch Wärmebehandlung gebildet und befindet sich im Kontaktbereich 2a, dies entspricht einer Dicke, die ca. 2,5 mal größer ist als die Dicke der ersten Titanschicht 5.

Wenn ein Wolframstopfen 9 einer Anschlußschicht gebildet wird, kann es zur Ablösung kommen, wenn die Wolframschicht 8 unmittelbar auf der ersten Titanschicht 5 gebildet wird. Zusätzlich kann sich die Bildung der Wolframschicht 8 als schwierig erweisen, wenn  $WF_6$  Gas als Quellgas verwendet wird. Diese Probleme werden durch die vorliegende Erfindung überwunden, da die Titanitridschicht 6 und die thermische Titanitridschicht 12 als haftende Schichten zwischen der ersten Titanschicht 5 und der Wolframschicht 8 wirken. Die Titanitridschicht 6 und die thermische Titanitridschicht 12 verhindern außerdem das Wachstum von

Wärmelöchern 11 an der Störstellendiffusionszone 2, wie dies in Fig. 14 beschrieben ist, wenn die Wolframschicht 8 unter Anwendung überdeckender (blanket) CVD bei Verwendung von  $WF_6$  Gas gebildet wird.

Bei der Bildung der Titanitridschicht 6 durch reaktives Sputtern tritt ein großer Anteil von Streuung der Sputterteilchen am Atmosphärgas auf, da die Titanitridschicht 6 durch Sputtern in einer nitrierenden Atmosphäre mit Drücken bis hinab zu 4 mTorr gebildet wird, wodurch mehr schräge Komponenten erzeugt werden. Im Gegensatz dazu kann die zweite Titanschicht 13, da die thermische Titanitridschicht 12 durch thermische Behandlung der zweiten Titanschicht 13 gebildet wird, durch Sputtern in einer Argon Gasatmosphäre von ca. 1 mTorr mit sehr wenig Streuung von schrägen Komponenten am Atmosphärgas gebildet werden, was in einer verbesserten Grundbedeckung resultiert. Die thermische Titanitridschicht 12 unterscheidet sich von der Titanitridschicht 6 dahingehend, daß die thermische Titanitridschicht 12 durch reaktives Sputtern gebildet wird und deshalb aus partikelförmigen Körnern besteht, wie dies in Fig. 3 gezeigt ist. Die Titanitridschicht 6 besteht jedoch aus säulenförmigen Körnern, wie dies in Fig. 2 gezeigt ist.

Deshalb wird bei der Bildung der Wolframschicht 8 durch überdeckende (blanket) CVD unter Verwendung von  $WF_6$  Gas, das Übergreifen von  $WF_6$  Gas im wesentlichen verhindert und folglich wird das Wachstum von Wärmelöchern an der Dotieratomdiffusionszone 2 gegen die durch reaktives Sputtern gebildete Titanitridschicht 6 verhindert.

In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist die zweite Titanschicht 13 eine Dicke von ca. 50 nm auf der Oberfläche oder einem flachen Abschnitt der isolierenden Zwischenschicht 3, und eine Dicke von ca. 7,5 nm auf dem Kontaktbereich 2a der Dotieratomdiffusionszone 2, an welcher sich das Kontaktloch 4 in der isolierenden Zwischenschicht 3 befindet, auf. Die, aus der zweiten Titanschicht 13 durch thermische Behandlung abgeleitete thermische Titanitridschicht 12 weist eine Dicke von ca. 20 nm auf der Oberfläche oder einem flachen Abschnitt der isolierenden Zwischenschicht 3, und eine Dicke von ca. 30 nm im Kontaktbereich 2a der Dotieratomdiffusionszone 2, an welcher sich das Kontaktloch 4 in der isolierenden Zwischenschicht 3 befindet, auf. Demzufolge beträgt die Gesamtdicke der Titanitridschicht 6 und der thermischen Titanitridschicht 12 auf dem Kontaktbereich 2a der Dotieratomdiffusionszone 2, an der sich das Kontaktloch 4 in der isolierenden Zwischenschicht 3 befindet, ca. 10,5 nm, so daß Wärmelöcher im Wesentlichen vermieden werden.

Es wurden ca. 650 Waferscheiben 102 durch Bildung einer ersten Titanschicht 5 einer Titanitridschicht 6 und einer zweiten Titanschicht 13 unter Verwendung des in Fig. 8 gezeigten Verfahrens in der in Fig. 16 gezeigten Apparatur bearbeitet, und bis zum Erreichen des in Fig. 1 gezeigten Zustands weiterbearbeitet. Die durch thermische Behandlung erzeugte Titansilizidschicht 7 wies eine Dicke von ca. 7,5 nm auf und bewirkte die Bildung einer elektrischen Verbindung mit niedrigem Widerstand zwischen der Dotieratomdiffusionszone 2 und der Anschlußschicht. Die Titanitridschicht 6 und die thermische Titanitridschicht 12 verhinderten das Ablösen von Filmen, wenn der Wolframstopfen 9 der Anschlußschicht gebildet wurde und wirkte zwischen der ersten Titanschicht 5 und der Wolframschicht 8 als haftende Schicht. Die kombinierte Dicke der Titanni-

tridschicht 6 und der thermischen Titanitridschicht 12 betrug 10,5 nm auf dem Kontaktbereich 2a der Dotieratomdiffusionszone 2 an der sich das Kontaktloch 4 in der isolierenden Zwischenschicht 3 befindet, und verhinderte das Wachstum von Wärmelöchern an der Dotieratomdiffusionszone 2, wenn die Wolframschicht 7 durch überdeckende (blanket) CVD unter Anwendung von  $WF_6$  Gas gebildet wird.

Die "Trischicht Barrierenschicht" 33 der vorliegenden Erfindung weist eine Titansilizidschicht 7, eine Titanitridschicht 6 und eine durch Wärmebehandlung, nach dem in Fig. 8 gezeigten Verfahren gebildete thermische Titanitridschicht 12 auf. Die Trischicht Barrierenschicht bietet gegenüber der herkömmlichen "Bischicht-Barrierenschicht" 62, die eine Titansilizidschicht 7 und eine Titanitridschicht 6 aufweist und die durch das in Fig. 18 gezeigte Verfahren hergestellt werden, mehrere Vorteile. Erstens wird die Verarbeitungszeit für einen einzelnen Wafer 102, der mit einer Trischicht Barrierenschicht gebildet wird, im Vergleich zu dem, mit einer Bischicht Barrierenschicht gebildeten um 20% reduziert, wodurch sich die Verarbeitungskapazität der Kollimationssputterapparatur verbessert. Wie aus Fig. 18 hervorgeht, werden für die Verarbeitung einer Waferscheibe 102, auf der eine Zweisicht Barrierenschicht gebildet wird 220 Sekunden benötigt, während, wie aus Fig. 8 hervorgeht, für die Verarbeitung einer Waferscheibe 102, auf der die Trischichtstruktur der vorliegenden Erfindung gebildet wird, nur 175 Sekunden benötigt werden, wodurch eine Einsparung von 45 Sekunden erreicht wird.

Zweitens kann die Menge des, für die Trischicht Barrierenschicht verwendeten Titantargets 104 um 18% gegenüber dem für die Bischicht Barrierenschicht verwendeten, reduziert werden. Wie aus Fig. 18 hervorgeht, wird das Titantarget 104 während der Verarbeitung einer Waferscheibe 102 zur Bildung einer Bischicht Barrierenschicht für 165 Sekunden mit Leistung versorgt; während, wie dies aus Fig. 8 hervorgeht, das Titantarget 104 während der Verarbeitung einer Waferscheibe mit einer Trischicht Barrierenschicht der vorliegenden Erfindung für nur 135 Sekunden mit Leistung versorgt wird, wodurch die Zeit, während der dem Titantarget 104 Leistung zugeführt wird, um 30 Sekunden reduziert wird und folglich die Menge des verwendeten Titantargets reduziert wird.

Drittens, da die Menge des für die Trischicht Barrierenschicht verwendeten Titantargets 104 gegenüber der Bischicht Barrierenschicht um 18% reduziert werden kann, reduziert sich die Menge von Titanitrid und ähnlichem, welches sich am Kollimator 105 anlagert, wenn eine einzelner Wafer mit einer Trischicht Barrierenschicht bearbeitet wird, im Vergleich zu einer Bischicht Barrierenschicht, ebenfalls, wodurch sich die Anzahl der Waferscheiben 102, die bearbeitet werden können bevor der Kollimator ersetzt werden muß um 22% anwächst.

Viertens, kann bei der Bildung der Trischicht Barrierenschicht der vorliegenden Erfindung das Auftreten von Partikeln, im Vergleich zur Bildung der Bischicht Barrierenschicht reduziert werden. Bei der Bildung der Bischicht Barrierenschicht beträgt das Verhältnis zwischen dem Titansputtern zur Bildung der ersten Titanschicht 5 sowie dem für die Reinigungsperiode und zwischen dem Bilden der Titanitridschicht 6, 0,57 (40 nm/70 nm). Im Gegensatz dazu ist bei der Bildung der Trischicht Barrierenschicht das Verhältnis zwischen dem Titansputtern zum Bilden der ersten und zweiten Titan-

schichten 5, 13 und dem Titansputtern zur Bildung der Titanitridschicht 6 größer, nämlich 0,8 (40 nm/50 nm). Als Ergebnis hiervon wird, bei der Bildung der Trischicht Barrierenschicht, das Sputterverhältnis des, als Haftmittel zur Verhinderung des Ablöses des am Kollimator 105 angelagerten Titanitrids vergrößert, wodurch Ablösung verkleinert und das Auftreten von Partikeln verhindert wird.

Wie in der oben beschriebenen Ausführungsform der Erfindung gezeigt ist, wird eine elektrische Verbindung mit niedrigem Widerstand zwischen der Dotieratomdiffusionszone 2 und der Anschlußschicht erhalten, das Wachstum von Wärmelöchern in der Dotieratomdiffusionszone 2 verhindert, und die Verarbeitungskapazität einer Kollimationssputterapparatur, unter Einschluß der Auswechselperioden für den Kollimator 105, Reduktion der vom Titantarget 104 verbrauchten Menge, sowie reduzierter Partikelbildung und verringerten Kosten, verbessert.

Unter Verwendung der oben beschriebenen Ausführungsform, mit einem Kontaktloch 4 mit Längenverhältnis 3, wobei der Durchmesser und die Tiefe des Kontaktlochs 4 in der isolierenden Zwischenschicht 3 jeweils 0,5 µm bzw. 1,5 µm betragen, wurden Halbleitereinrichtungen hergestellt, in denen eine erste Titanschicht 5, eine Titanitridschicht 6 und eine zweiten Titanschicht mit verschiedenen Filmdicken unter Verwendung einer, wie in Fig. 16 gezeigten Kollimationssputterapparatur (ohne Abdeckblende 109) nach der in Fig. 8 gezeigten Sequenz gebildet wurden, wobei das Längenverhältnis des Kollimators 105 1,5 (Durchmesser und Höhe des Lochs entsprechen jeweils 2 cm, bzw. 3 cm) betrug. Bevorzugterweise reicht die erste Titanschicht 5 für die Bildung einer Titansilizidschicht mit einer Dicke von ca. 5 bis ca. 20 nm auf dem Kontaktbereich 2a und einer Titanschicht 5 mit einer Dicke von ca. 15 bis ca. 50 nm auf der Oberfläche der isolierenden Zwischenschicht 3 (mit einer Grundbedeckung von ca. 15%) aus. Beträgt die Dicke der Titansilizidschicht 7 weniger als ca. 50 nm, so erhöht sich der Widerstand der elektrischen Verbindung zwischen der Dotieratomdiffusionszone 2 und der Anschlußschicht unerwünschterweise. Übersteigt die Dicke der Titansilizidschicht 7 20 nm, so kommt es zu einer übermäßigen Reaktion zwischen Titan und der Dotieratomdiffusionszone 2 und die Titansilizidschicht 7 könnte sich über die Tiefe der Dotieratomdiffusionszone 2 hinaus erstrecken und hierdurch zu einem Übergangssleck führen.

Die Dicke von sowohl der Titanitridschicht 6 als auch der thermischen Titanitridschicht 12 beträgt bevorzugterweise jeweils 10 nm auf der Oberfläche der isolierenden Zwischenschicht 3. Die Titanitridschicht 6 und die thermische Titanitridschicht 12 weisen bevorzugterweise eine Gesamtdicke von ca. 6 bis ca. 30 nm auf dem Kontaktbereich 2a, sowie ca. 40 bis ca. 100 nm auf der Oberfläche der isolierenden Zwischenschicht 3 (mit einer Grundbedeckung von ca. 15%) auf. Beträgt die Gesamtdicke der Titanitridschicht 6 und der thermischen Titanitridschicht 12 auf dem Kontaktbereich 2a weniger als ca. 6 nm, wird die Vermeidung von, durch Wolfram im vergrabenen Abschnitt 9 verursachten Wärmelöchern reduziert; übersteigt die Gesamtdicke der Titanitridschicht 6 und der thermischen Titanitridschicht 12 ca. 30 nm, so verschlechtert sich die Produktionskapazität und Effizienz der Kollimationssputterapparatur.

Verschiedene Merkmale der oben beschriebenen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung be-

schränken sich nicht auf die erwähnten Merkmale. So können, z. B., der vergrabene Abschnitt 9 und der Anschlußabschnitt 10 der Anschlußschicht durch andere Filmbildungsverfahren als CVD, unter Einschluß aller herkömmlichen Depositionstechniken, wie z. B. PVD, gebildet werden. Zusätzlich beschränken sich der erste Leiter und der zweite Leiter nicht auf jeweils ein Halbleitersubstrat 1 bzw. eine Anschlußschicht. Der erste Leiter könnte aus, ist aber offenkundig nicht darauf beschränkt, einer Unterschicht Polysiliziumanschlußschicht bestehen, während der zweite Leiter eine Oberschicht Anschlußschicht mit den gleichen Merkmalen wie der zweite Leiter der ersten Ausführungsform sein könnte und über der Unterschicht Anschlußschicht durch eine isolierende Zwischenschicht gebildet ist. Desweiteren besteht keine Notwendigkeit, die erste Titanschicht 5 vollständig in eine Titansilizidschicht 7 umzuwandeln. Die erste Titanschicht 5 kann teilweise in eine Titansilizidschicht umgewandelt werden, wobei ein Abschnitt der ersten Titanschicht 5 bestehen bleibt.

Fig. 9 zeigt eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, in der eine, einen zweiten Leiter bildende Anschlußschicht ausschließlich aus einem einzigen leitenden Material, wie z. B. Wolfram, hergestellt ist; wohingegen in der vorherigen Ausführungsform der, die Anschlußschicht bildende zweite Leiter den Anschlußabschnitt 10, z. B. Aluminium oder eine Aluminiumlegierung, und einen vergrabenen Abschnitt 9, z. B. Wolfram, aufweist. Die in Fig. 9 gezeigte Ausführungsform entspricht ansonsten der Ausführungsform der Fig. 1 und deshalb werden die gleichen, in Fig. 1 verwendeten Bezugszeichen in Fig. 9 verwendet, um gleiche oder entsprechende Abschnitte zu kennzeichnen.

Zur Herstellung der, der Ausführungsform der Fig. 9 entsprechenden Halbleitereinrichtung wird die Verarbeitung wie bei der Ausführungsform der Fig. 1 bis zum in Fig. 7 gezeigten Zustand ausgeführt. In der Ausführungsform der Fig. 1 wird die gesamte Oberfläche der, durch überdeckende (blanket) CVD unter Verwendung von  $WF_6$  Gas gebildeten, Wolframschicht 8 zurückgeätzt und hinterläßt nur die Wolframschicht 8 im Kontaktbereich 2a zu Bildung des, aus einem Wolframstopfen bestehenden vergrabenen Abschnitts 9. In der Ausführungsform der Fig. 9 der vorliegenden Erfindung, wird die Anschlußschicht 14, die einen vergrabenen Abschnitt und eine Anschlußabschnitt aufweist, durch Ätzen der, durch überdeckende (blanket) CVD unter Verwendung von  $WF_6$  Gas gebildeten, Wolframschicht 8 gebildet. Die dargestellte Anschlußschicht wird unter Anwendung herkömmlicher photolithographischer und Ätztechniken gebildet. Die erste Titanschicht 5, Titanitridschicht 6 und die thermische Titanitridschicht 12, die sich unterhalb der Wolframschicht befinden, werden bis auf Ausnahme eines sich unter der Anschlußschicht 14 befindlichen Abschnitts geätzt und entfernt. Die daraus resultierende Halbleitereinrichtung weist dieselben Vorteile wie die Ausführungsform der Fig. 1 auf.

Obwohl in der Ausführungsform der Fig. 1 die Anschlußschicht 14 des zweiten Leiters aus Wolfram gebildet ist, könnte die Anschlußschicht 14 aus, beschränkt sich aber nicht hierauf, Wolfram, Kupfer (Cu), Titanitrid (TiN), Aluminium (Al), Titansilizid ( $TiSi_2$ ), Wolframsilizid ( $WSi_2$ ), oder Polysilizium gebildet werden, und aus einer Mehrschichtstruktur wie z. B. einer Bilschichtstruktur oder einer Trischichtstruktur aus Schichten, die unter diesen Materialien ausgewählt werden, bestehen. Die Metallbarrierschicht 33, die die Titansilizidschicht 7, die Titanitridschicht 6 und die thermische Titanitridschicht 12 aufweist, verhindert eine Reaktion zwischen der Anschlußschicht 14 und dem Silizium des Halbleitersubstrats 1, und stellt dieselben vorteilhaften Effekte wie in der Ausführungsform der Fig. 1 bereit.

Ein Beispiel für die vorliegende Erfindung wird mit Bezug auf Fig. 10 beschrieben, in der die Ausführungsform der Fig. 1 oder der Fig. 9 in einem dynamischen Direktzugriffspeichers (DRAM) angewendet wird. Fig. 10 stellt eine Querschnittsansicht dar, die einen Abschnitt eines dynamischen Direktzugriffspeichers zeigt. Zur Vereinfachung ist die Struktur der Trischicht Barrierenschicht der vorliegenden Erfindung, die die Titansilizidschicht 7, die Titanitridschicht 6 und die thermische Titanitridschicht 12 aufweist, nicht dargestellt.

Ein Halbleitersubstrat 200, wie in Fig. 10 gezeigt, besteht aus Silizium. Ein Paar von Source- und Drainzonen 201, 202, die aus n-Typ Dotieratomdiffusionszonen bestehen, bilden einen Teil eines Transistors einer Speicherzelle, wobei eine Gateelektrode 203 auf der Oberfläche des Halbleitersubstrats 200 zwischen dem Paar der Source- und Drainzonen, und durch ein Gateoxid getrennt, gebildet ist. Die Gateelektrode 203 weist einen Teil der zugehörigen Wortleitung auf. Die Bezugszeichen 204—211 bezeichnen die jeweiligen isolierenden Zwischenschichten. Die Bitleitung 212 ist mit einer der Source-, bzw. Drainzonen 202 eines Speicherzellentransistors durch ein Kontaktloch in der isolierenden Zwischenschicht 204 verbunden und weist eine, aus einer Unterschicht aus Wolframsilizid und einer oberen Schicht aus Polysilizium hergestellte Bilschichtstruktur auf.

Ein Polysiliziumspeicherknotten 213, der eine der Elektroden eines Kondensators eines Speicherzellenabschnitts 200M bildet, wird auf einer Oberschicht der Bitleitung 212 gebildet, und ist mit der anderen Source- oder Drainzone 201 des Transistors des Speicherzellenabschnitts 200M durch ein Kontaktloch in den isolierenden Zwischenschichten 204, 205 verbunden. Eine Polysiliziumzellenplatte 215, die eine der Elektroden des Kondensators des Speicherzellenabschnitts 200M bildet ist auf der anderen Seite des Speicherknottens, und durch einen dielektrischen Film 214 getrennt, angebracht. Eine erste, aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung hergestellte Schicht 216 wird über der Zellenplatte 215 gebildet und wird, wenn sie sich im Speicherzellenabschnitt 200M befindet, gegenüber, beispielsweise einer Wortleitung angeordnet und bildet hierdurch eine, mit der Wordline an mehreren Stellen elektrisch verbundene ( ) Anschlußschicht. Bezugszeichen 217 bezeichnet eine zweite Aluminiumschicht, die über der ersten Aluminiumschicht gebildet ist und, wenn sie im Speicherzellenabschnitt 200M angebracht ist, eine Anschlußschicht bildet, die beispielsweise an eine Bitleitung angeschlossen ist.

Ein Paar aus, an der Oberfläche des Halbleitersubstrats 200 gebildeten Source- und Drainzonen 218, 219 sind aus n-Typ Dotieratomdiffusionszonen für einen n-Kanal Transistor in einem äußeren Schaltungsabschnitt 200P zusammengesetzt. Eine Polysilizium-Gateelektrode 220 des Transistors des äußeren Schaltungsabschnitts 200P ist auf der Oberfläche des Halbleitersubstrats 200 zwischen dem Paar aus Source- und Drainzonen, getrennt durch eine Gateoxidschicht, gebildet und besteht aus Polysilizium. Ein Paar aus, auf der Oberfläche des Halbleitersubstrats 200 gebildete Source- und Drainzonen 221, 222 bestehen aus p-Typ Dotieratomdiffusionszonen und bilden einen p-Kanal Transistor des äußeren Schaltungsabschnitts 200P mit einer,

auf der Oberfläche des Halbleitersubstrats 200 zwischen dem Paar der Source- und Drainzonen gebildeten, und durch eine Gateoxidschicht getrennten Polysilizium-Gateelektrode 223.

Ein, aus Wolfram hergestellter und in den Kontaktlöchern der isolierenden Zwischenschichten 208, 209, 210 vergrabener, vergrabener Abschnitt 224 ist an Stellen der Source- und Drainzonen 218, 219, 221, 222 der n-Kanal und p-Kanal Transistoren des äußeren Schaltungsabschnitts 200P gebildet, und bildet eine Anschlußschicht des zweiten Leiters, wobei die erste Aluminiumschicht 216 als hierzu angeschlossener Anschlußabschnitt dient.

Der derart gebildete dynamische Direktzugriffsspeicher weist zwischen dem ersten und dem zweiten Leiter einen Kontaktabschnitt auf, in welchem die Trischicht Metallbarrierschicht der vorliegenden Erfindung, mit einer Titansilizidschicht 7, einer Titanitridschicht 6 und einer thermischen Titanitridschicht 12, gemäß der Ausführungsformen der Fig. 1 oder 9, wie im weiteren ausgeführt, angewendet wird.

(1) Einen Kontaktabschnitt zwischen einer der Source- und Drainzonen 202 des Transistors des Speicherzellenabschnitts 200M und der Bitleitung 212, wobei der erste Leiter aus dem Halbleitersubstrat 200 und der zweite Leiter aus der Bitleitung 212 besteht.

(2) Einen Kontaktabschnitt zwischen der anderen Source- bzw. Drainzone 210 des Transistors des Speicherzellenabschnitts 200M und des Speicherknotens 213, wobei der erste Leiter aus dem Halbleitersubstrat 200 und der zweite Leiter aus dem Speicherknoten 213 besteht.

(3) Kontaktabschnitte zwischen einer Anschlußschicht und den Source- und Drainzonen 218, 219, 221, 222 der p- oder n-Kanal Transistoren des äußeren Schaltungsabschnitts 200P, wobei der erste Leiter aus dem Halbleitersubstrat 200 und der zweite Leiter aus der, aus dem vergrabenen Abschnitt 224 und der, mit dem vergrabenen Abschnitt 224 elektrisch verbundenen, ersten Aluminiumschicht 216 zusammengesetzt ist.

(4) Ein Kontaktabschnitt zwischen der Bitleitung 212 und der zweiten Aluminiumschicht 217, wobei der erste Leiter aus der Bitleitung 212 und der zweite Leiter aus der zweiten Aluminiumschicht 217 besteht.

Im, aus, der sich unter dem Speicherknoten 213 befindenden Bitleitung 212 und mit, der sich über der Zellplatte 215 befindenden ersten Aluminiumschicht 216 gebildeten dynamischen Direktzugriffsspeicher werden elektrische Verbindungen zwischen der Anschlußschicht mit einer ersten Aluminiumschicht 216 im äußeren Schaltungsabschnitt 200P und den Source- und Drainzonen 218, 219, 221, 222 der p-, bzw. n-Typ Transistoren des äußeren Schaltungsabschnitts 200P durch die Kontaktlöcher in der isolierenden Zwischenschicht 208, 209, 210 bewirkt. Da diese Kontaktlöcher sehr tief sind und hohe Längenverhältnisse aufweisen, können durch die Anwendung der vorliegenden Erfindung signifikante Vorteile erzielt werden.

Es versteht sich von selbst, daß die Erfindung in zahlreichen anderen Kombinationen und Umgebungen eingesetzt werden kann.

1. Halbleitereinrichtung mit:  
einem ersten Leiter (1) mit einem Kontaktbereich auf dessen Oberfläche;  
einer isolierenden Zwischenschicht (3), die auf der Oberfläche des ersten Leiters mit einem Kontaktloch, welches sich am Kontaktbereich des ersten Leiters befindet, gebildet ist;  
einer Barrierschicht (33) mit:  
einer, auf dem Kontaktbereich des ersten Leiters gebildeten Titansilizidschicht (7), die sich innerhalb des Kontaktlochs der isolierenden Zwischenschicht befindet;  
einer, auf der Titansilizidschicht durch Kollimationssputtern gebildeten Titanitridschicht (6); und  
einer, auf der Titanitridschicht gebildeten thermisch nitrierten Titanschicht (12); und  
einen, auf einer Oberfläche der isolierenden Zwischenschicht gebildeten zweiten Leiter (10), der über die Barrierschicht mit dem Kontaktbereich des ersten Leiters elektrisch verbunden ist.

2. Halbleitereinrichtung mit:  
einem ersten Leiter (1) mit einem Kontaktbereich auf seiner Oberfläche;  
eine isolierende Zwischenschicht (3) mit einer oberen Oberfläche, die auf dem ersten Leiter gebildet ist, wobei die isolierende Zwischenschicht ein Kontaktloch aufweist, welches in der isolierenden Zwischenschicht gebildet ist und Oberflächen der isolierenden Zwischenschicht freilegt, wobei sich das Kontaktloch auf dem Kontaktbereich des ersten Leiters befindet und ein Längenverhältnis von wenigstens 2,5 aufweist;  
eine, auf dem Kontaktbereich, der oberen Oberfläche der isolierenden Zwischenschicht und den freigelegten Zwischenschichten innerhalb des Kontaktlochs gebildete Mehrschichtstruktur, die aufweist:

(a) eine Barrierschicht (33) mit:  
einer Titansilizidschicht (7) mit einer Dicke von ca. 5 nm bis ca. 20 nm, die auf, und in Kontakt mit dem Kontaktbereich des ersten Leiters innerhalb des Kontaktlochs gebildet wird;  
einer ersten Titanitridschicht (6) mit säulenförmigen Körnern, die auf der Titansilizidschicht gebildet ist; und  
einer zweiten Titanitridschicht (12) mit partikelförmigen Körnern, die auf der ersten Titanitridschicht gebildet ist, wobei die Titansilizidschicht eine Dicke von ca. 5 bis ca. 20 nm aufweist und die Gesamtdicke der ersten und zweiten Titanitridschicht ca. 6 bis ca. 30 nm beträgt; und

(b) einen Isolationskontaktabschnitt mit:  
einer Titanschicht (5) auf der oberen Oberfläche der isolierenden Zwischenschicht und den freigelegten Oberflächen der isolierenden Zwischenschicht im Kontaktloch oberhalb der Barrierschicht, wobei die Titanschicht eine Dicke von ca. 15 bis ca. 50 nm aufweist;  
einer ersten Titanitridschicht (6) mit säulenförmigen Körnern, die auf der Titanschicht gebildet ist; und  
eine zweite Titanitridschicht (12) mit partikelförmigen Körnern, die auf der ersten Titanitridschicht gebildet ist, wobei die erste und die zweite Titanitridschicht jeweils eine Dicke



von wenigstens 10 nm und eine Gesamtdicke von ca. 40 bis ca. 100 nm aufweisen; und einen zweiten Leiter (10), der auf der Barrierschicht gebildet ist und elektrisch über die Barrierschicht mit dem Kontaktbereich des ersten Leiters verbunden ist.

3. Halbleitereinrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Leiter (1) aus einem Halbleitersubstrat besteht, welches Silizium aufweist, und der Kontaktbereich (2a) des ersten Leiters zumindest einen Teil einer, an der Oberfläche des Halbleitersubstrats gebildeten Dotieratomdiffusionszone (2) darstellt.

4. Halbleitereinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Leiter (1) aus einer, auf der Oberfläche eines Halbleitersubstrats durch eine Isolationsschicht gebildeten Anschlußschicht besteht.

5. Halbleitereinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der zweite Leiter einen vergrabenen Abschnitt (9) und einen Anschlußabschnitt aufweist, wobei sich der vergrabene Abschnitt innerhalb des Kontaktlochs der isolierenden Zwischenschicht befindet und elektrisch mit der Barrierschicht verbunden ist, und wobei der Anschlußabschnitt auf der Oberfläche der isolierenden Zwischenschicht gebildet ist und mit dem vergrabenen Abschnitt elektrisch verbunden ist.

6. Halbleitereinrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der vergrabene Abschnitt (9) des zweiten Leiters Wolfram aufweist und der Anschlußabschnitt Aluminium oder eine Aluminiumlegierung aufweist.

7. Mehrschichthalbleitereinrichtung mit einem ersten Leiter, der auf einem ersten Niveau gebildet und durch eine isolierende Zwischenschicht getrennt ist, und einem zweiten Leiter, der auf einem zweiten Niveau gebildet ist, wobei der erste Leiter mit dem zweiten Leiter über eine Verbindung in einem Durchgangsloch der isolierenden Zwischenschicht elektrisch verbunden ist und wobei die Verbindung eine Barrierschicht aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß die Barrierschicht aufweist: eine, auf wenigstens einem Abschnitt des ersten Leiters gebildete Titansilizidschicht, eine erste, auf der Titansilizidschicht gebildete Titannitridschicht; und eine, auf der ersten Titannitridschicht gebildete thermisch nitrierte Titanschicht.

8. Halbleitereinrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Titannitridschicht säulenförmige Körner aufweist und die thermisch nitrierte Titanschicht partikelförmige Körner aufweist.

9. Halbleitereinrichtung nach einem der Ansprüche 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Längenverhältnis des Kontaktlochs wenigstens 2,5 beträgt.

10. Verfahren zur Herstellung einer Halbleitereinrichtung mit:

Bildung einer isolierenden Zwischenschicht (3) auf einer Oberfläche eines ersten Leiters, mit einem Kontaktbereich, wobei die isolierende Zwischenschicht eine obere Oberfläche aufweist;

Bildung eines Kontaktlochs (4) in der isolierenden Zwischenschicht, welches zumindest einen Teil des Kontaktbereichs des ersten Leiters sowie Oberflächen der isolierenden Zwischenschicht freilegt;

Bildung einer ersten Titanschicht (5) auf den freige-

legten Oberflächen der isolierenden Zwischenschicht und des Kontaktbereichs des ersten Leiters, der sich innerhalb des Kontaktlochs der isolierenden Zwischenschicht befindet, durch Kollimationssputtern;

Bildung einer Titannitridschicht (6) auf der ersten Titanschicht, durch Kollimationssputtern;

Bildung einer zweiten Titanschicht auf der Titannitridschicht durch Kollimationssputtern;

Wärmebehandlung in einer nitrierenden Atmosphäre zur Umwandlung der, den Kontaktbereich des ersten Leiters kontaktierende erste Titanschicht in eine Titansilizidschicht (7), und zur Umwandlung der zweiten Titanschicht in eine thermisch nitrierte Titanschicht; und

Bildung eines zweiten Leiters (10) auf der thermisch nitrierten Titanschicht, welcher elektrisch mit der thermisch nitrierten Titanschicht verbunden ist.

11. Verfahren zur Herstellung einer Halbleitereinrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die nitrierende Atmosphäre Stickstoff bzw. Ammoniak aufweist.

12. Verfahren zur Herstellung einer Halbleitereinrichtung nach einem der Ansprüche 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß der zweite Leiter gebildet wird durch:

Bildung eines vergrabenen Abschnitts im Kontaktloch der isolierenden Zwischenschicht, welche elektrisch mit der thermisch nitrierten Titanschicht verbunden ist; und

Bildung eines Anschlußabschnitts, der elektrisch mit der thermisch nitrierten Titanschicht verbunden ist und sich auf der Oberfläche der isolierenden Zwischenschicht erstreckt.

13. Verfahren zur Herstellung einer Halbleitereinrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Leiter aus einem Halbleitersubstrat besteht, welches Silizium aufweist, der vergrabene Abschnitt des zweiten Leiters Wolfram aufweist und der Anschlußabschnitt des zweiten Leiters Aluminium oder eine Aluminiumlegierung aufweist.

---

Hierzu 10 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

Fig. 1 \*

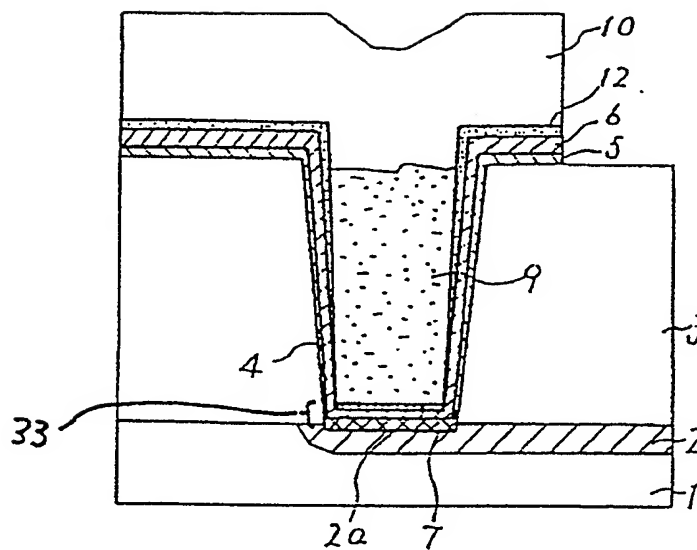


Fig. 2

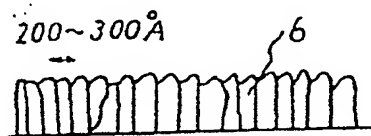


Fig. 3

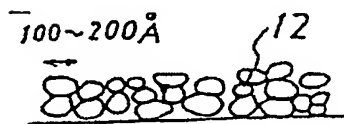


Fig. 4

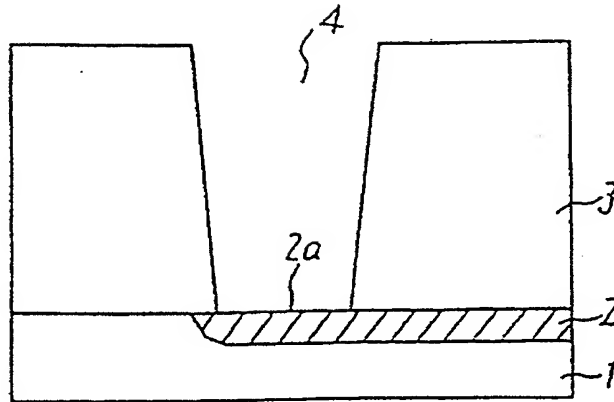


Fig. 5

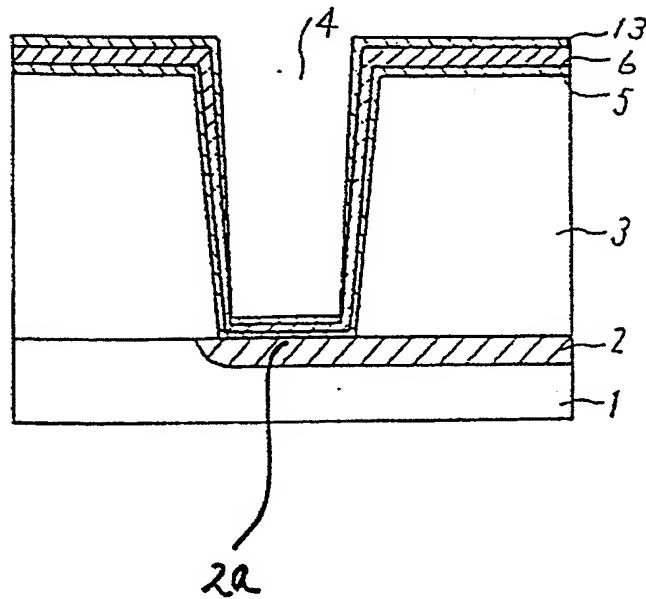




Fig. 6

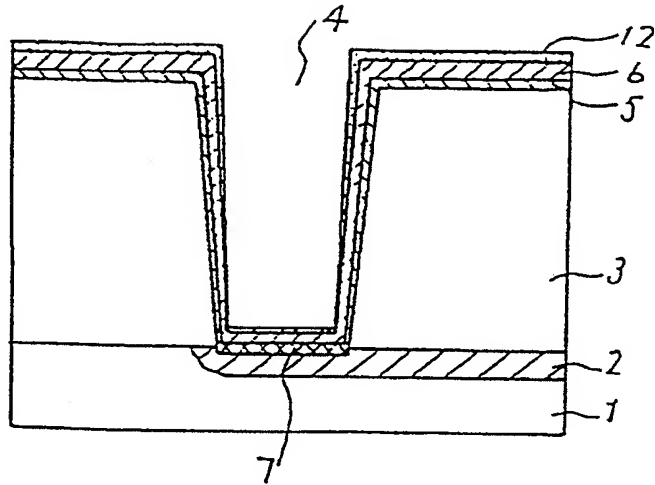


Fig. 7

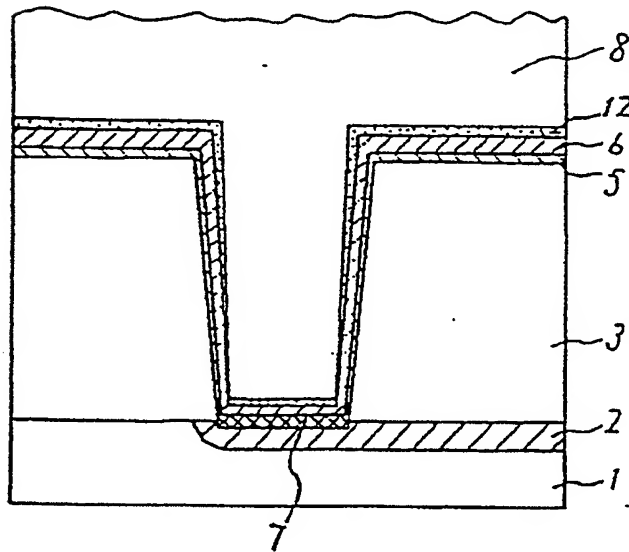


Fig. 8

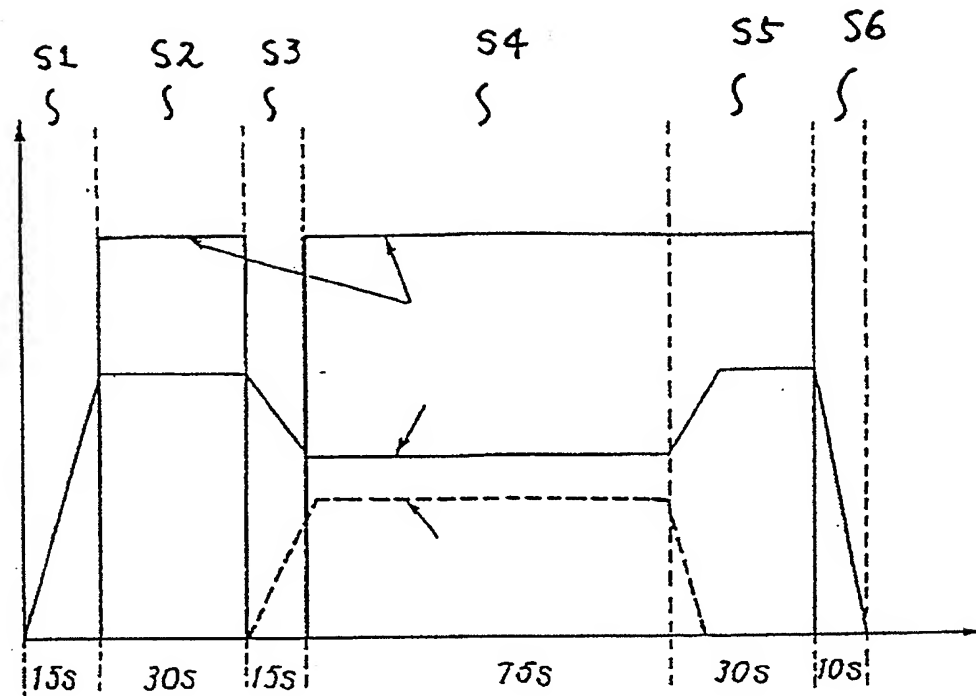
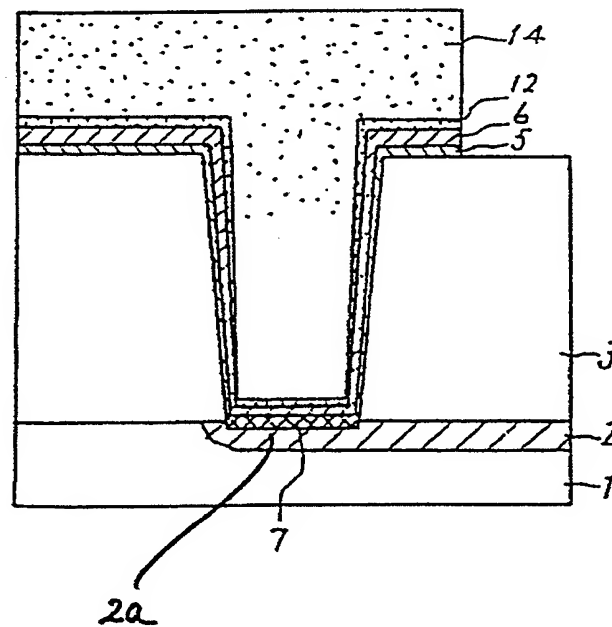


Fig. 9



**602 015/485**

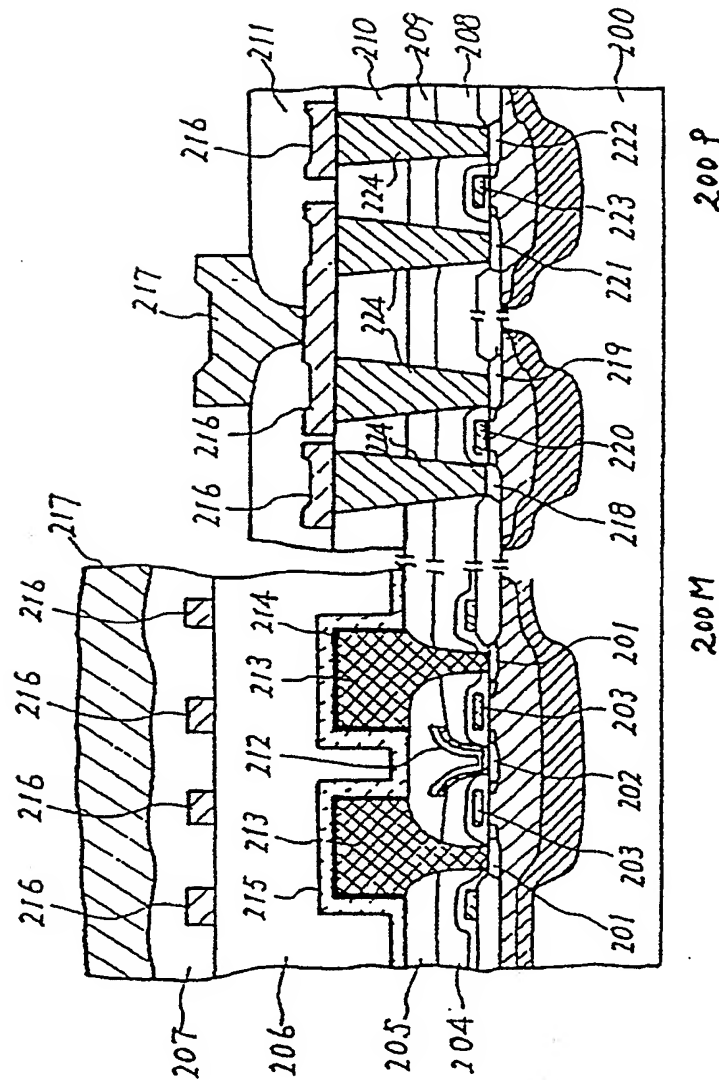


Fig. 10

Fig. 11  
PRIOR ART

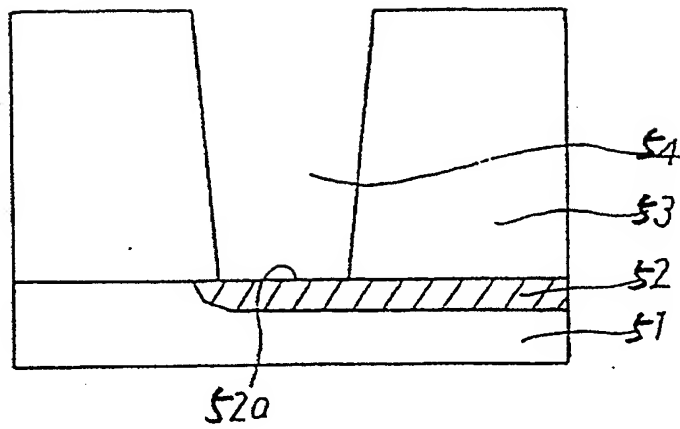


Fig. 12  
PRIOR ART

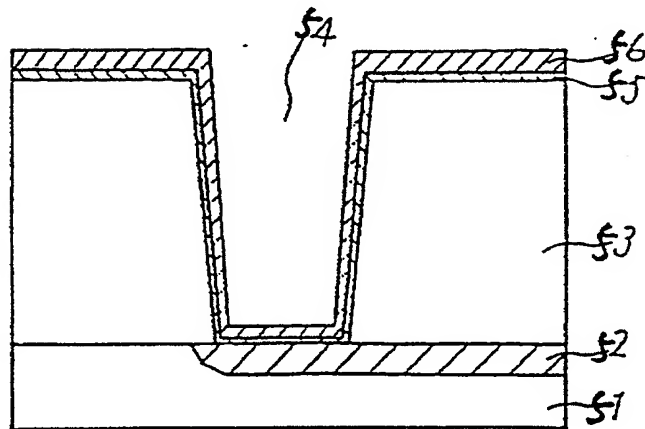




Fig. 13

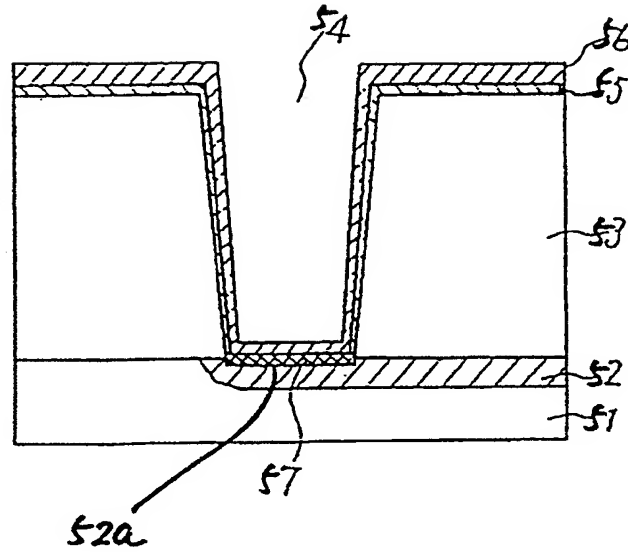


Fig. 14

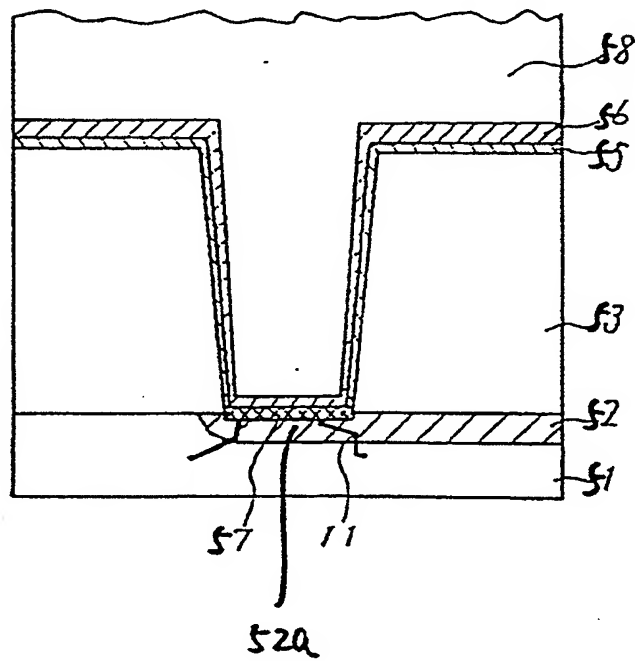


Fig 15

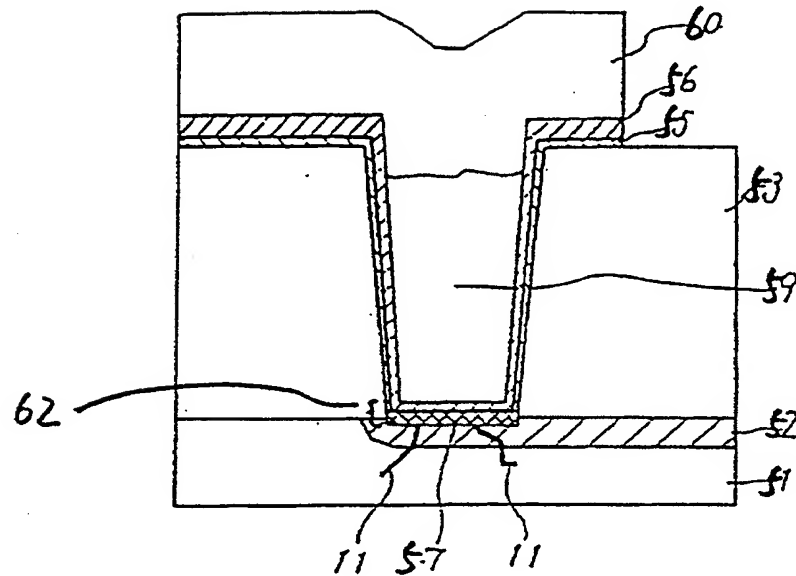
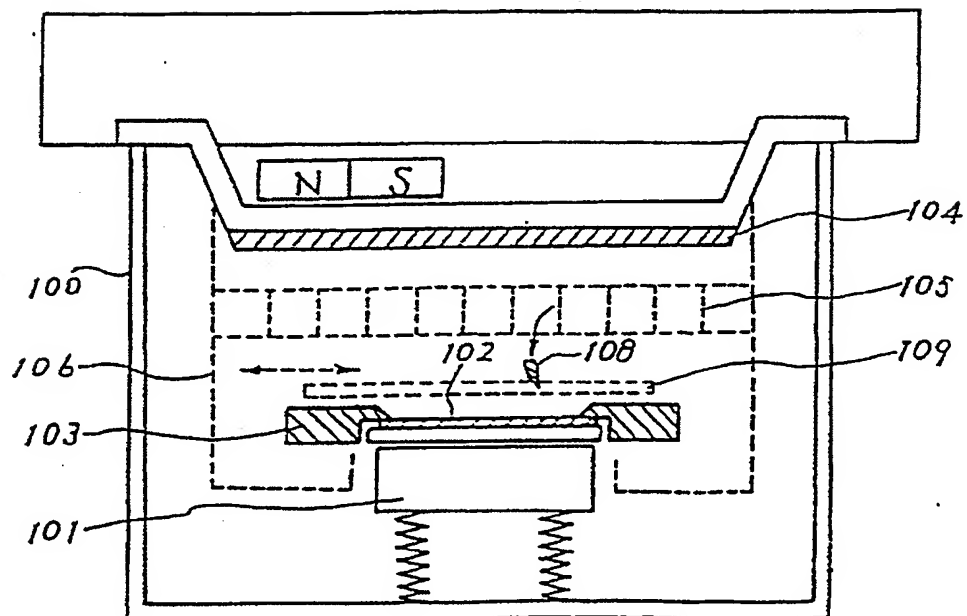


Fig. 16



**602 015/485**

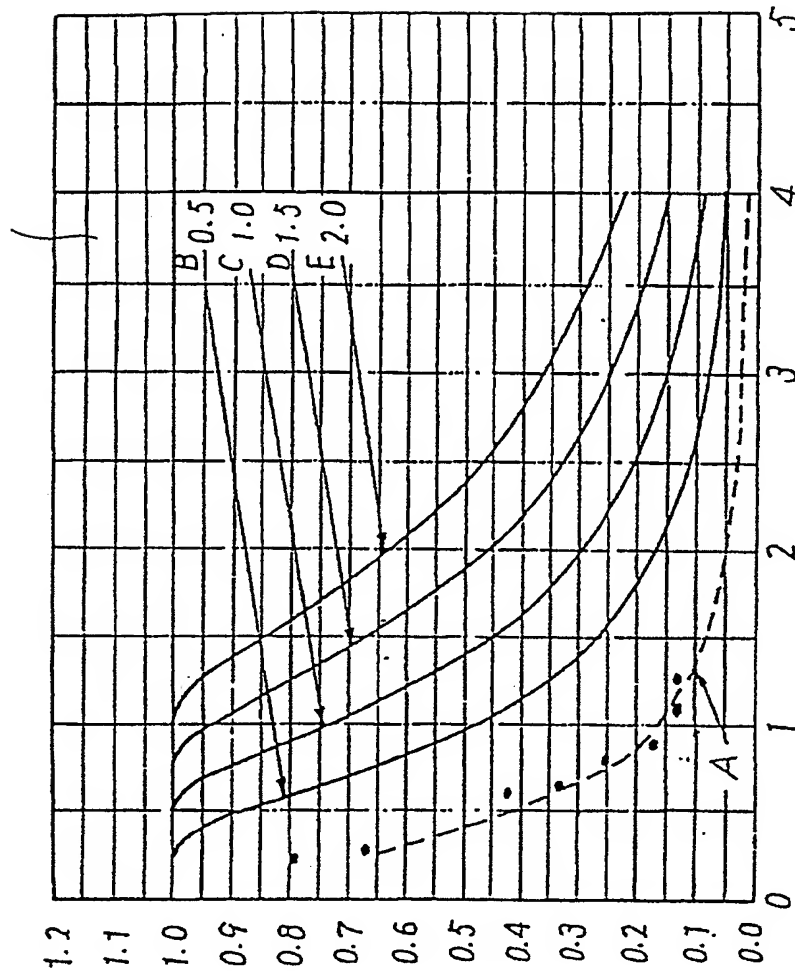


Fig. 17

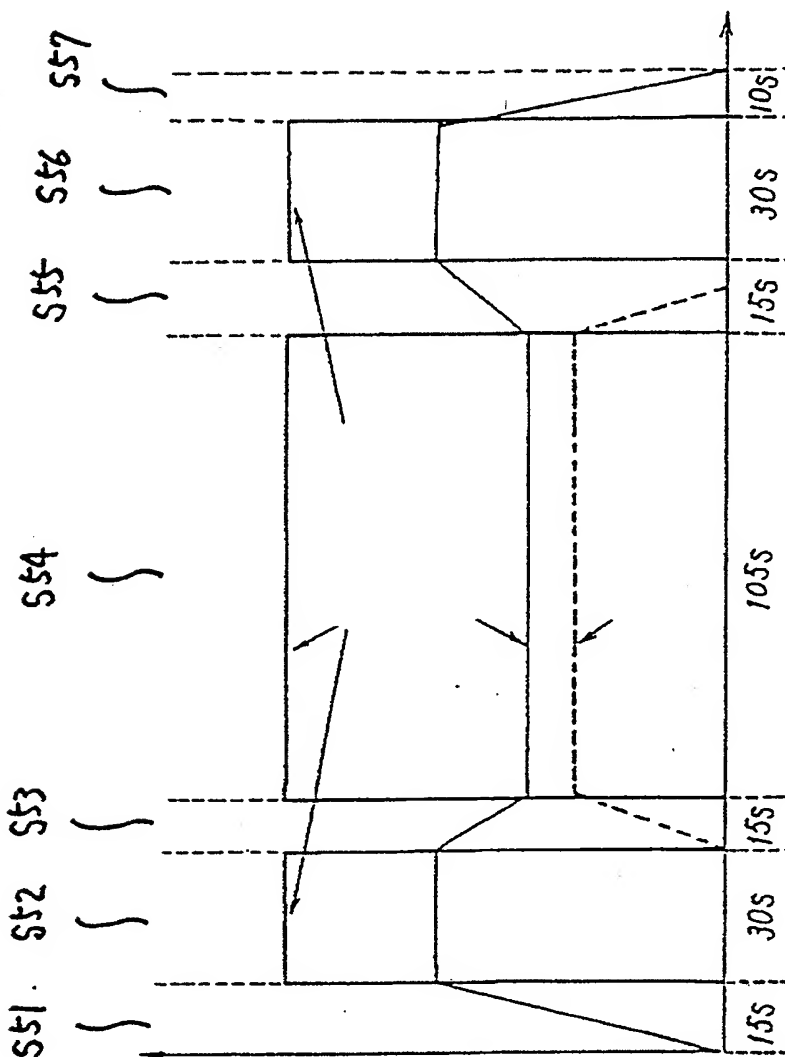


Fig. 18